PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN

PUBLICADA BAJO LA DIRECCIÓN DE

L.-A. BARRÉ ✲, O. I.

Ingeniero de artes y manufacturas, profesor de la Asociación politécnica.

N.º 1.

MOVIMIENTOS DE TIERRAS FUNDACIONES ANDAMIOS, TALLERES, ETC.

TRADUCIDO DEL FRANCÉS

POR

D. ANTONIO AGUIRRE

Ayudante de Obras públicas y Licenciado en Ciencias.

ILUSTRADO CON GRABADOS

TERCERA TIRADA

MADRID

LIBRERÍA EDITORIAL

DE BAILLY-BAILLIERE E HIJOS

Plaza de Santa Ana, núm. 10.

1899

PROLOGO

Las obras que tratan de la construcción son muy numerosas y muchas de ellas notables.

Hemos escrito algunas [1] y colaborado en la publicación de otras desde hace mucho tiempo.

Sin embargo, en obras que comprendan todos los ramos de la construcción, se ven obligados sus autores ó á ser demasiado concisos para dar los conocimientos más indispensables en pequeño volumen, y entonces no se satisface á los especialistas, ó á ser demasiado extensos, resultando obras de elevado precio.

Por lo tanto, creemos que en una época como la nuestra, en que cada uno se dedica á una especialidad de su profesión, tendrán buena aceptación obras muy económicas, de las que cada una por separado no se ocupe más que de una sección ó clase de construcción y de los trabajos correspondientes á ella.

Tales son las consideraciones que nos han suge-

(1) Véase el *Memento del Arquitecto y del Contratista de obras.*

rido emprender la publicación de la PEQUEÑA ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE CONSTRUCCIÓN que damos hoy á luz.

En estos doce tomitos, puestos al alcance de todos, hemos tratado especialmente de resumir y vulgarizar las nociones que no se encuentran frecuentemente más que en las obras muy extensas sobre construcción.

Los prácticos encontrarán en el conjunto de esta colección portátil resumidas las descripciones referentes á las diversas clases de trabajos; cada interesado puede elegir el volumen que particularmente desee, evitándose la necesidad de adquirir un libro extenso, siempre costoso, sobre la materia que quiera consultar.

Sucesivamente se hallarán en esta Enciclopedia: los movimientos de tierras y fundaciones, los materiales de construcción, la resistencia de materiales, la albañilería, los muros, arcos y bóvedas, escaleras, pavimentos y embaldosados, obras ligeras ó económicas y su decorado; ensamblajes de carpintería y tableros de madera, armaduras de madera, columnas y dinteles metálicos, armaduras metálicas, su cubicación, carpintería de taller y cerrajería; instalación del suministro de agua en los edificios, calefacción y ventilación, alumbrado y la electricidad; construcciones rurales y económicas, proporciones de las diversas partes de una construcción, leyes y reglamen-

tos referentes á ésta, etc.; el todo ilustrado con numerosas figuras intercaladas en el texto y completado con cuadros de dimensiones, de pesos y de precios corrientes.

Esperamos que nuestro nuevo trabajo será del agrado de los muchos que á menudo tienen precisión de consultar estos datos, utilizando al efecto libros pequeños manuables y á precios económicos.

Agradeceremos que la Pequeña Enciclopedia práctica de Construcción suscite á sus lectores observaciones que con sumo gusto aprovecharemos en las ediciones sucesivas, si, como creemos, ésta resulta por su utilidad del agrado del público.

Si podemos ahorrar tiempo á los que utilicen estas obritas nuestra empresa no habrá sido en vano, y buscaremos aún en lo sucesivo su perfeccionamiento.

El director de la «Enciclopedia de Construcción»,

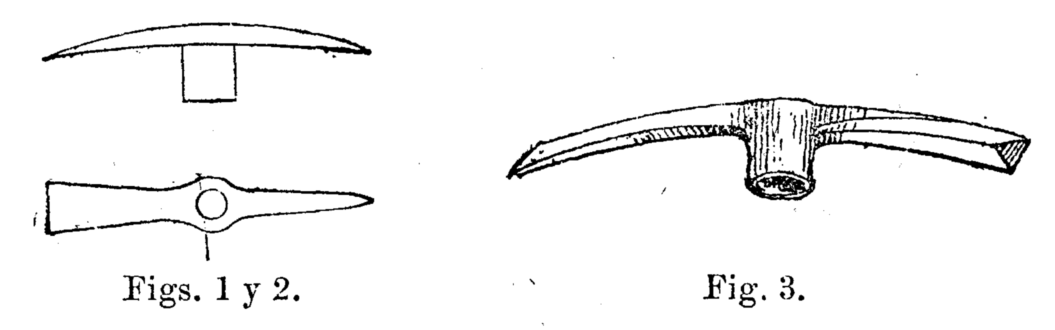
L.-A. Barré,

Ingeniero E. C. P.

MOVIMIENTOS DE TIERRAS

Y FUNDACIONES

Terrenos; clasificación y resistencia desde el punto de vista de la construcción.—Los diversos terrenos que se pueden encontrar en la práctica se dividen, desde el punto de vista de la estabilidad de las construcciones que sobre ellos se hagan, en dos clases distintas.



Figs. 1 y 2. Fig. 3.

La primera comprende aquellos terrenos sobre los que se puede construir directamente, tales como las *rocas*, los esquistos, las margas duras, terrenos pedregosos, y en general sobre todos aquellos terrenos que no pueden excavarse más que con el *pico* ó á *barreno*.

El pico está formado por la extremidad recta del picachón aguzada en punta (figs. 1, 2 y 3).

Es preciso, sin embargo de lo expuesto, que los terrenos de que se trata tengan el espesor conveniente, que bien puede ser variable, para soportar el peso de la construcción que sobre ellos haya de elevarse.

Se puede fundar directamente un edificio sobre roca ó peña viva de un espesor de 3 metros, pero después de asegurarse bien que ésta no contiene cavidades.

En el caso de que éstas existieran, se rellenarían. Se concibe también que se debe nivelar la roca antes de la fundación.

Es conveniente rebajar algo, 20 centímetros por ejemplo, el suelo de fundación respecto del terreno exterior, porque así se evita el deslizamiento y socavación de los muros, si á continuación se hacen trabajos más bajos que el suelo de las excavaciones. En los muros construídos sobre roca no hay necesidad de zócalo.

La carga que pueden soportar los terrenos de roca es casi ilimitada. Se puede contar con una resistencia de 20 kilogramos por centímetro cuadrado.

Para toda construcción importante es conveniente establecer la fundación bastante profunda, para que la obra asiente sobre banco de roca. Si éste se halla muy profundo, se emplean pilares (véase más adelante), y si su profundidad es muy excesiva, que no se pueda llegar á la roca, se emplean pilotes.

Las arenas, calizas y terrenos de grava y cantos rodados, cuando están perfectamente encajonados, forman una especie de hormigón natural y son incompresibles y estables. Se puede fundar directamente sobre estos terrenos cuando tienen 2, 4 ó 6 metros de espesor, según la importancia de la construcción. Estos terrenos pueden soportar con seguridad 5 kilogramos por centímetro cuadrado.

La segunda clase comprende los terrenos en los que no puede fundarse directamente en ningún caso: terrenos arenosos, compresibles, naturales, rellenos (aunque haya transcurrido un siglo); terrenos movedizos; *arenas sueltas* ó movedizas (impregnadas de agua); terrenos margosos, arcillosos ó de turba.

En este caso se profundiza la excavación hasta que se llegue á una capa de terreno que tenga compacidad y resistencia suficien-

tes, á menos de consolidar los terrenos con estacas, tablestacas, capas de hormigón, etc.

Los terrenos arenosos incompresibles y deleznables pueden, mojándolos y apisonándolos, cargarse con 2 kilogramos por centímetro cuadrado. Las arenas movedizas no pueden cargarse más que con medio kilogramo por centímetro cuadrado.

Sobre las arcillas, gredas, margas y terrenos compresibles se pueden establecer directamente fundaciones cuando el espesor de la capa es de 2,50 á 3 metros, pero con la condición de que se fijen aquéllas sobre un terreno completamente seco, á fin de evitar los deslizamientos. Debe quitarse la tierra vegetal. Una lluvia fuerte basta para hacer pasar un terreno arcilloso á terreno plástico, resbaladizo.

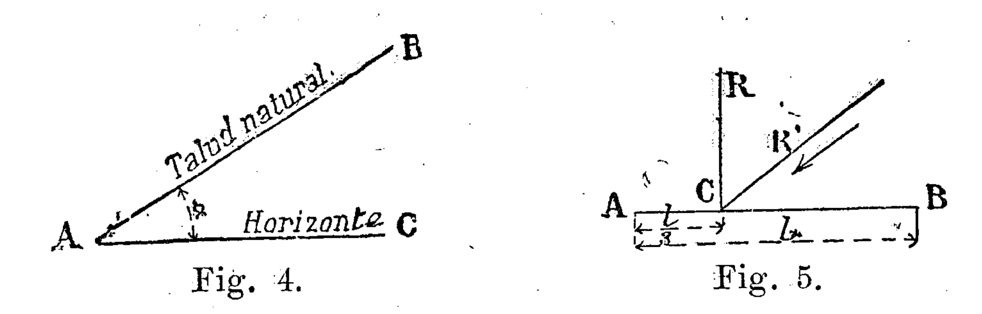


Fig. 4. Fig. 5.

Sobre los terrenos gredosos y margosos es preciso que las construcciones tengan gran base.

Supongamos ahora (fig. 4) un terreno que presente un talud AB, tal que bajo la acción de su propio peso se mantenga en equilibrio. Si la inclinación con el horizonte aumenta, llegará un momento en que el terreno deslizará según AB. La inclinación límite, según la que empieza el movimiento, determina el *ángulo de rozamiento del terreno* que se considere.

El punto de aplicación de la resultante no debe pasar de un tercio del ancho de la hilada en la base. Así, siendo AB una hilada ó plano de una fundación (fig. 5) sobre un terreno, y R la resultante de las presiones verticales, la distancia AC debe ser al menos igual al tercio de AB. Si esa distancia es menor que el

tercio, el ancho en que se han de repartir las presiones es tres veces AC.

La presión máxima p, muy cerca del punto A, está dada por la fórmula:

$$p = \frac{2\,P}{l}.$$

Siendo la presión P de 15.000 kilogramos y el ancho A de $1^m,50$, la presión máxima por metro cuadrado estaría muy cerca de la arista A:

$$p = \frac{2 \times 15.000}{1^m,50} = 20.000 \text{ kilogramos.}$$

Si la distancia AC fuera solamente de $0^m,40$, se tomaría para ancho del reparto de las presiones $0^m,40 \times 3 = 1^m,20$. Por consecuencia, la presión máxima en A sería por metro cuadrado:

$$p = \frac{2 \times 15.000}{1^m,20} = 25.000 \text{ kilogramos.}$$

Para que la base de fundación no pueda deslizar sobre la superficie del terreno es preciso que la resultante de las presiones se aproxime á la vertical. Para una inclinación cualquiera, la resultante de las presiones da una componente vertical que tiende á mantener la fábrica sobre el plano horizontal, pero al mismo tiempo se obtiene una componente horizontal que tiende á hacer deslizar la construcción sobre el terreno. Se llegaría al límite del estado de equilibrio si esta resultante formara un ángulo igual al de rozamiento de la fábrica. El ángulo de inclinación, límite del de rozamiento de la mampostería sobre el terreno, está comprendido entre 0,30 y 0,57; es decir, que el valor de la fuerza de rozamiento varía del 30 por 100 al 57 por 100 del peso de la construcción.

PRESIONES MÁXIMAS QUE PUEDEN SOPORTARSE CON SEGURIDAD (1)

DIFERENTE NATURALEZA DEL SUELO	PESO del metro cúbico.	LÍMITE de la carga permanente por cent. cuad.
	Kilogramos.	Kilogramos.
Agua	1.000	»
Fango	1.600 á 1.800	»
Tierra vegetal media	1.200 á 1.600	2
Tierra con arena, escombros y gravas	1.600 á 1.800	2
Esquistos silíceos, calcáreos, etc., no disgregables	1.800 á 2 000	4
Tierra arcillosa, diluída y en estado seco	1.800 á 2.000	4
Arena mediana humedecida ó grava compacta é incompresible	1.800	6

Estas cifras pueden variar con el estado higrométrico de las tierras.

Reconocimiento del terreno.—Se adquiere el conocimiento del terreno por sondeos, por la apertura de pozos, que podrán suministrar el agua en la construcción, si es preciso alguno al efecto. Las descripciones de las obras próximas son muy útiles; se compararán los datos obtenidos con los conocimientos geológicos del terreno en que se emplace la construcción.

Será conveniente, al fundar un edificio importante, asegurarse bien de la resistencia del suelo, considerando en él carga mucho mayor de la que haya de resistir con la construcción terminada. La figura 6 indica la manera de hacer esta prueba de la resistencia.

(1) Según J. Dubosque, *Muros de sostenimiento.*

E. Barberot (1) hace observar que se puede por sí mismo experimentar la carga que un suelo puede soportar:

«Sobre un suelo al parecer bueno para fundar una obra, después de haber quitado la tierra vegetal y de haber apisonado el fondo ligeramente, se dispone una especie de mesa, cuyos cuatro pies tengan próximamente $0^{m},50$ de longitud y una sección de $0^{m},10$ ó $0^{m},20$ de lado, por ejemplo; después se carga el tablero con pesos conocidos hasta que los pies de la mesa se hundan ligeramente en el terreno, y este peso determinará el límite de resistencia.

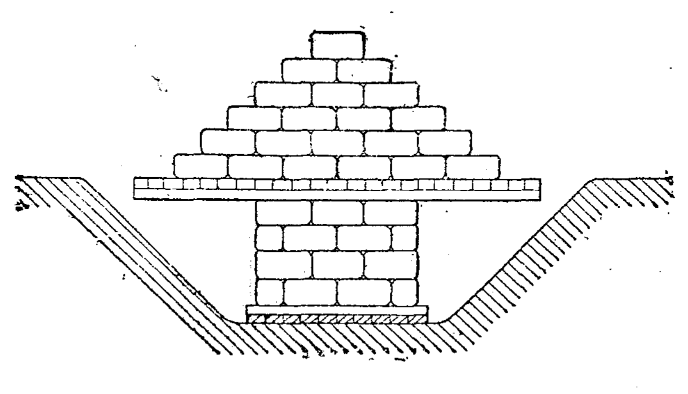


Fig. 6.

»Supongamos que la construcción que haya de soportar el terreno tenga un peso tal que repartido en la superficie de fundación resulte una carga de 40 kilogramos por metro cuadrado.

»Supongamos que los pies de la mesa que hemos utilizado para la experiencia tienen $0{,}20 \times 0{,}20$, ó sea $400^{cm2} \times 4 = 1.600^{cm2}$, y que el terreno ha cedido con una carga de 20.000 kilogramos, equivalente á una carga de $12^{kg},500$ por centímetro cuadrado.

»Y como no es conveniente cargar el suelo de fundación más que *con el décimo* de peso de la carga de prueba que produjo la depresión, ó lo que es lo mismo, en este caso con $1^{kg},25$ por centímetro cuadrado, resultará que el terreno no ofrece bastante garantía de seguridad, puesto que necesitamos para la construc-

(1) *Tratado de construcciones civiles.*

ción de que se trata que el terreno resista á razón de 4 kilogramos.

»No tenemos más que dos medios para satisfacer los datos: ó profundizar para encontrar un terreno que pueda soportar la presión que se desea, ó aumentar la base de fundación en la extensión necesaria para que al repartir la carga sobre ella corresponda $1^{kg},25$ por centímetro cuadrado.

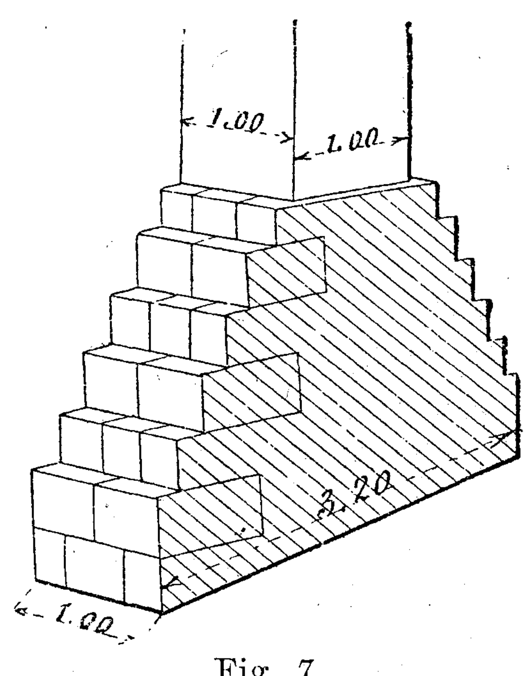


Fig. 7.

»Considerando un metro de anchura, será preciso dar á la base de fundación una superficie equivalente á $\frac{40.000}{1,250} = 32.000^{cm^2}$, ó $1^m \times 3^m,20$, como indica la figura 7». Este ejemplo demuestra que se puede construir sobre un terreno cualquiera, aunque sea gredoso, y que basta tomar una superficie de asiento para la fundación en relación con la calidad del suelo.

La excavación de pequeños pozos de sondeo resulta costosa cuando los reconocimientos deban hacerse profundos, porque entonces hay precisión de entibar con *madera* las paredes; rara vez se profundizan estos pozos más de 5 metros, y esto sólo en terrenos secos y coherentes.

Sondeos.—Los reconocimientos por medio de la sonda ordinaria no pueden hacerse más que á pequeñas profundidades. Se empieza por hacer un agujero poco profundo, y después se introduce allí la sonda dándola golpes con una maza.

La *sonda* se compone de una varilla ó barra de hierro redondo ó cuadrado, aguzada en su parte inferior, teniendo en diferentes puntos hendiduras con sebo dirigidas de abajo arriba, y cuando se saca la sonda dan alguna idea de la naturaleza de las capas de terreno que atravesó. Se juzga de la cohesión y de la dureza del terreno por la mayor ó menor facilidad con que la barra penetra en el suelo.

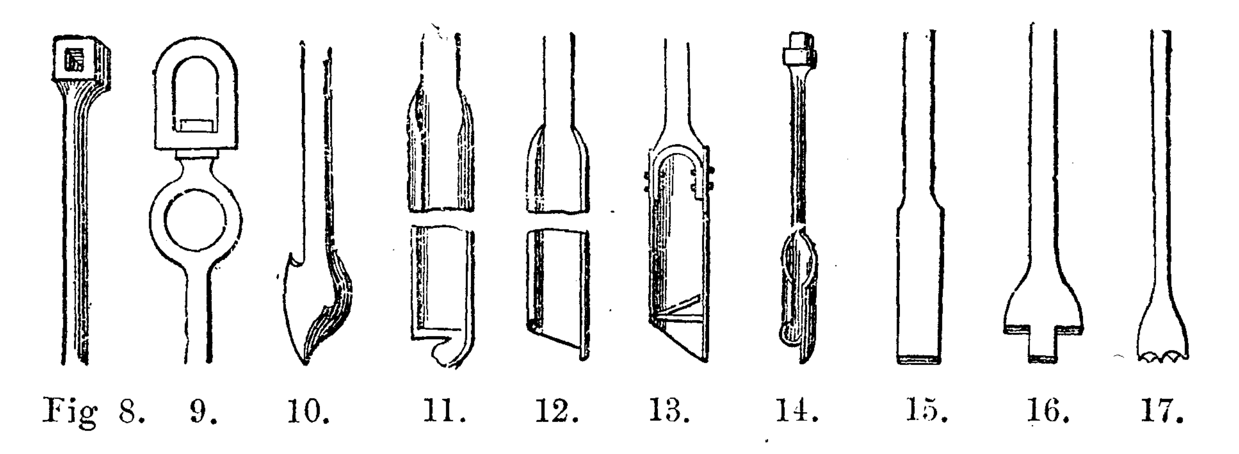


Fig 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17.

Las *sondas* perfeccionadas penetran en el suelo tanto como sea necesario y extraen los elementos que permiten apreciar las cualidades de las diversas capas. Estos aparatos se componen de la *cabeza*, *varilla* y de la parte interior de ésta (*husillo*).

La cabeza es una barra de hierro cilíndrica ó prismática, terminada en su parte inferior por una abertura cuadrada (fig. 8) ó por un anillo (fig. 9), con un *ojo* por el que se pasa una palanca destinada á dar un movimiento de rotación al aparato.

La varilla está formada por un número variable de barras de hierro redondo ó cuadrado (*añadidas* ó *alargadas*), de $0^{m},025$ á $0^{m},035$ de espesor, empalmadas unas al extremo de las otras, bien por medio de una hendidura en caja y espiga ó bien á rosca. Los husillos se unen al extremo inferior de la varilla por ensamblajes

análogos á los que unen las barras anteriores; actúan por rotación ó percusión. Los primeros son en forma de cuchara (fig. 10), para terrenos arenosos; de taladro (figs. 11, 12 y 18) ó de escotaduras (fig. 14), para terrenos arcillosos y jabonosos; algunas cucharillas, cuando deben emplearse bajo el agua ó en arenas, suelen ir provistas de una válvula (fig. 13), de manera que no deje escapar al salir á la superficie los elementos que se desea examinar.

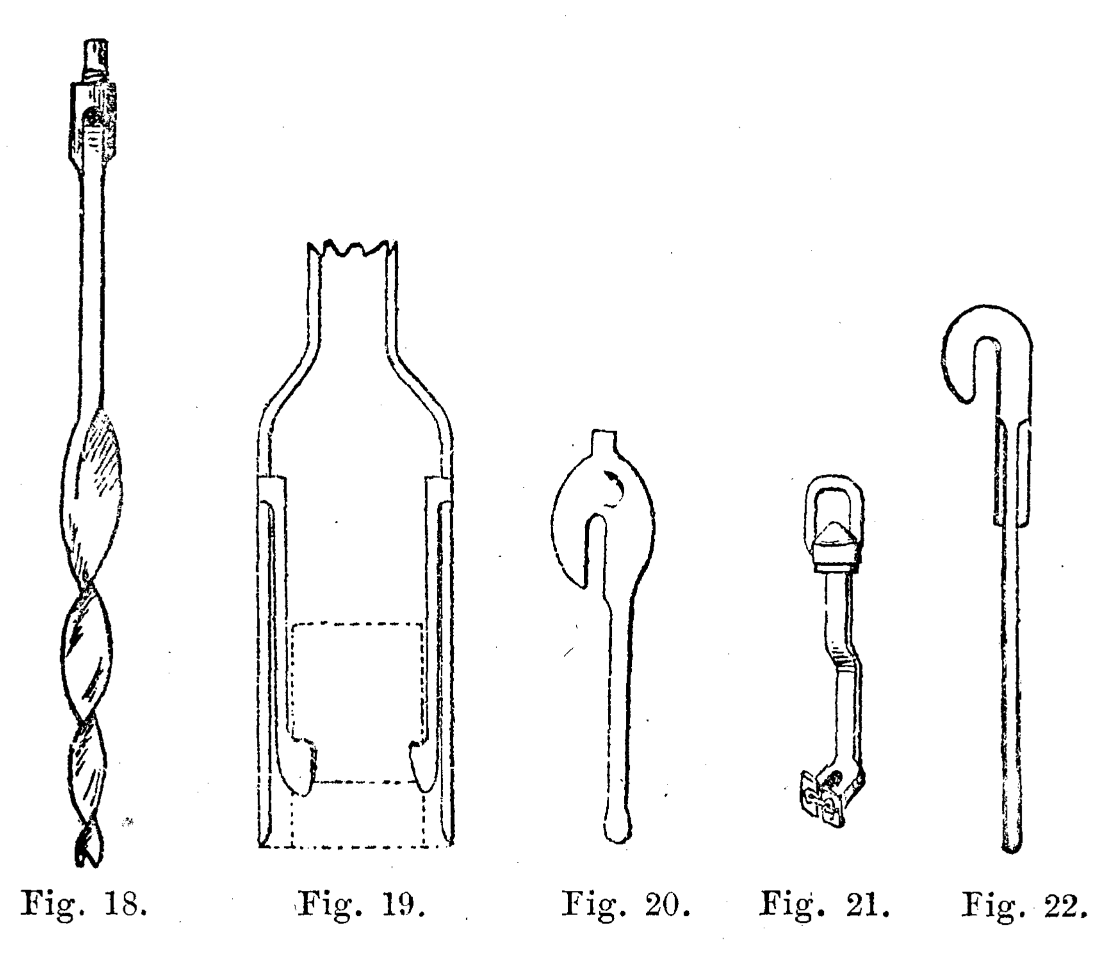


Fig. 18. Fig. 19. Fig. 20. Fig. 21. Fig. 22.

Los husillos actúan por percusión, en los terrenos pedregosos en particular; son *trépanos* ó *cinceles*. Se distinguen: el trépano simple (fig. 15), el trépano de teta (fig. 16), el trépano con puntas (fig. 17) y el trépano sacabocado (fig. 19). Husillos especiales, llaves de retención (fig. 20), llaves para elevar (fig. 21), ganchos de mano para el giro de la sonda (fig. 22), giradores (fig. 23), sacataco, campana con tuerca (fig. 24), enganchadores, etc., sir-

ven para el manejo de las sondas, para sostenerlas ó, en caso de rotura, para sacarlas y retirar los trozos rotos.

La cabria, la palanca de hinca y la palanca de equilibrio completan los útiles del sondador. La figura 25 representa una cabria empleada para sacar la sonda,

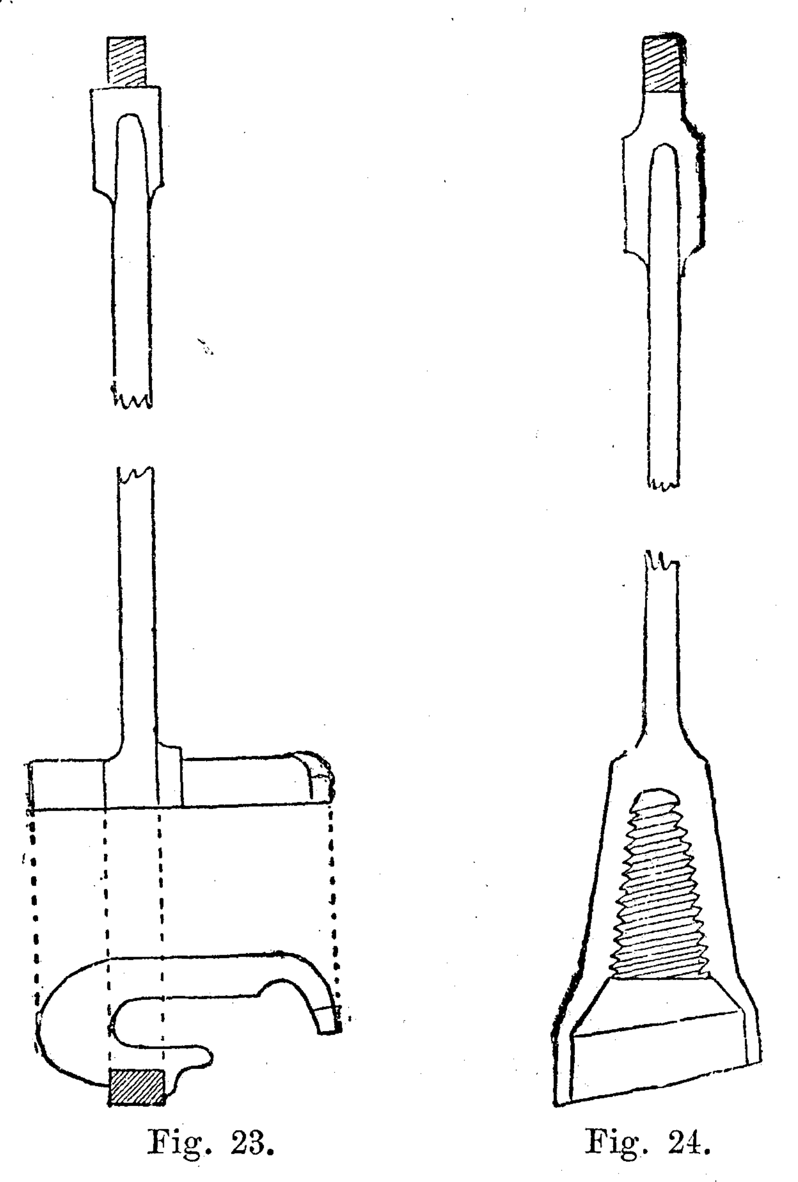


Fig. 23. Fig. 24.

En los terrenos pantanosos se emplea la hinca de estacas gruesas con punta; se juzga de la resistencia por la mayor ó menor facilidad de la penetración de esas estacas en el suelo, y también por la longitud de estaca que es posible hincar.

Pozos.—Si al hacer la excavación se encontrara agua que

fuera preciso agotar para obtener un *suelo seco* y continuar aquélla, se harían en el fondo de la excavación pequeñas *zanjas* ó cunetas de saneamiento que recogieran las aguas, dejando el fondo de esas zanjas un poco más bajo que el nivel á que quiera profundizarse la excavación. En estas zanjas ó pocillos se coloca

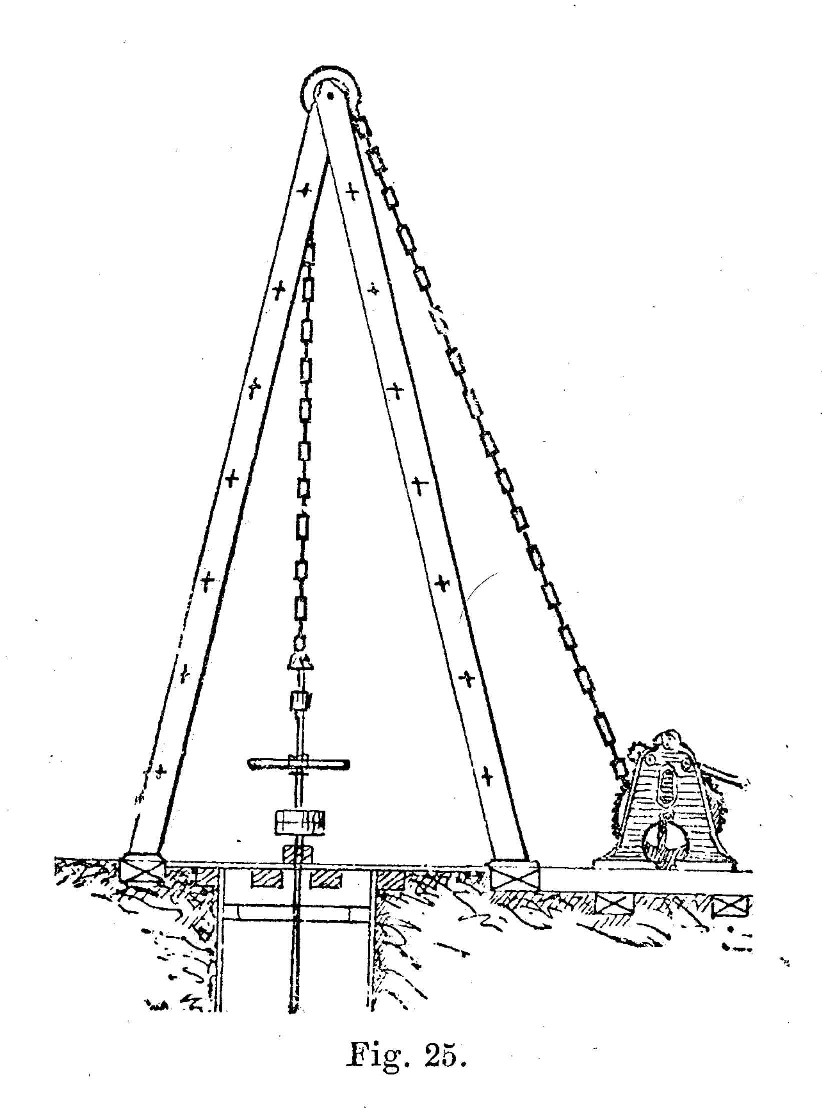


Fig. 25.

la extremidad de la manga de aspiración de las bombas de agotamiento, provista de una rejilla.

Cuando se quiere hacer un pozo para suministro de agua, se establece sobre un buen suelo un *rodete* ó cimbra circular de madera de roble (figs. 26 y 27). Sobre este rodete se construye la fábrica de revestimiento, en seco, sin mortero alguno en toda la altura en que el terreno presente las filtraciones de agua. Las di-

ferentes hiladas de fábrica se forman con dovelas, como en las bóvedas.

En los terrenos de arena, arcilla humedecida ó de fango, se construye esa cimbra circular de madera, dándole en su parte inferior forma abiselada cortante (fig. 28), ó se forma en una hoja de palastro provista de soportes de hierro plano encorvado (figura 29), sobre los que se adapta un rodete de madera; en éste se construye una hilada de fábrica, y al mismo tiempo se

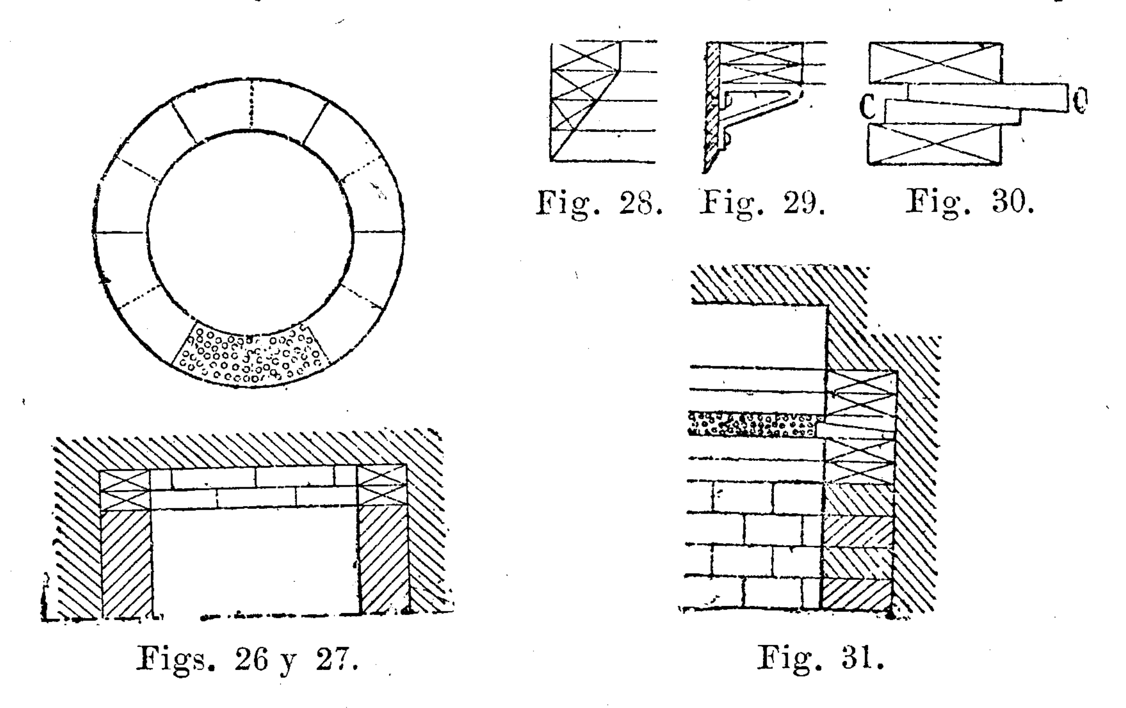


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

Figs. 26 y 27. Fig. 31.

ahonda por debajo del borde de la cimbra en redondo, la cual desciende por la acción de su propio peso. Una vez terminado el pozo, se rellena el hueco interior del anillo y se construye la fundación. Del modo expuesto se ha podido bajar á profundidades de 15 á 20 metros con todos los diámetros posibles.

En el caso de que nos viéramos obligados á suspender el descenso de la cimbra, y que por consecuencia de esto hubiera que construir el pozo en diferentes tramos, una vez llegado á un suelo suficientemente resistente se deja una banqueta (fig. 31) y se establece un nuevo rodete entre esta banqueta y el rodete anterior, sobre el que estaba construída la hilada de fábrica para el revestimiento.

En seguida se meten entre los dos rodetes cuñas de roble bien seco, C (fig. 30); después se meten á golpe en la junta cuñas de olmo también muy seco, O. Se retacan con hierro los huecos que dejan estas cuñas, y por último se mete á golpe un puntero ó botador de acero por todos los sitios en que se encuentre superficie de madera, y en el agujero hecho se introducen cuñas de hierro. Estas últimas operaciones constituyen el retaqueo, y los dos rodetes así unidos forman una sola *cimbra* (fig. 31).

Se han podido abrir *pozos de grandes diámetros* y *poca altura* en terrenos húmedos, haciendo la fábrica de revestimiento á la vez. Se profundiza la excavación solamente lo necesario para que el agua no la entorpezca, conteniendo las tierras con la fábrica construída desde el fondo de esta primera excavación. Después se excava bajo ella en puntos diametralmente opuestos de su circunferencia y se fijan apoyos de un metro de altura; poco á poco se excava y se fabrica entre estos apoyos, y se vuelve á excavar de la misma manera y á construir parcialmente coronas ó anillos de un metro de altura.

Nivelación.—Es preciso nivelar el terreno sobre el cual se construye.

La *nivelación* y arreglo del suelo, con apisonado, cuesta á 0,10 de peseta el metro superficial, y con rodillo á brazo 0,40.

Una línea y una superficie están de *nivel* cuando todos sus puntos están en un plano paralelo á la superficie de las aguas del mar.

La operación de la nivelación tiene por objeto determinar la diferencia de nivel de los diversos puntos del terreno refiriéndolos á un plano llamado de *comparación*.

La altura ó cota de un punto es su distancia vertical al plano de comparación adoptado.

Se toma generalmente como origen de la nivelación el nivel medio del mar, pero se puede tomar otro plano distinto.

El plano de comparación deja del mismo lado de él todos os puntos nivelados. Generalmente se toma este plano inferior al punto más bajo, pero algunas veces hay precisión de fijar ese plano por debajo del punto más alto. En todos los casos el plano de comparación debe estar sujeto á una referencia perfectamente conocida y fácil de encontrar, como la solera de una puerta ó una línea horizontal trazada en una construcción invariable.

En todas las ciudades de Francia, y también en muchas de España, existen referencias en las que está indicada la altura de ellas con relación al nivel medio del mar.

En París, estas referencias en placas de fundición dan:

1.° A la izquierda, la altura con relación al mar.

2.° A la derecha, la altura de la referencia sobre el estiaje ó nivel de aguas bajas en el puente de la Tournelle.

3.° En la parte inferior, la distancia vertical de la señal por debajo del plano general de comparación adoptado en la nivelación de París. Este plano se ha tomado 50 metros por encima de la superficie del agua en el estanque de la Villette. Con relación á este plano, las cotas ó alturas están contadas de alto á bajo.

Una referencia colocada en la isla de San Luis, en París, tiene las siguientes indicaciones:

36^{m},24 por encima del nivel medio del mar;
9^{m},99 por encima del estiaje del puente de la Tournelle;
65^{m},25 nivelación de París.

A continuación consignamos altitudes de Madrid y de algunos puntos de España.

Altitudes sobre el nivel medio del mar Mediterráneo en Alicante.

	ALTITUD *Metros.*
Polígono de Madrid y el parque [1]:	
Observatorio Astronómico.—En el centro del piso de la rotonda (marca N. P. 26).	655,361

(1) Las iniciales N. P. significan nivelación de precisión.

	ALTITUD *Metros.*
Museo de Pinturas.—Al pie de la pilastra de la estatua de la derecha (marca N. P. M.)..	634,182
Palacio del Congreso —En el extremo O. del primer escalón de la escalinata (marca O. 1.).	645,127
Puerta de Alcalá —En el centro de la solera del arco central.	656,371
Palacio Real.—En el pico y ángulo formado por la pilastra que se halla en el arco de la derecha de los tres que dan paso á la plaza de la Armería (marca N. P. P).	640,039
Estación del Norte.—Junto al muro y á la puerta de salida (marca N. P. 861).	586,938
Puente de Segovia.—Pretil N., extremo E..	478,662
Pico Hierro.—En la provincia de Madrid, en el puerto de Guadarrama, el más alto, Juzgado de Colmenar Viejo. (Latitud, 40°47′57″40.—Longitud O., 0°14′43″35.)	2.380,520
Estación del Mediodía, en el andén (marca N. P. 1.043).	619,416
Estación de las Delicias, en el andén, en piedra colocada al pie de la pared, entre la lampistería y oficina de Contabilidad.	590,309
Alicante.—Casa Consistorial, primer escalón.	3,409
Santander.—En la solera de la puerta de la Aduana. .	4,774
Vitoria.—Casa Ayuntamiento, tercer escalón.	523,649
Valencia —En el batiente de la puerta de la Catedral..	15,588
Castellón.—Iglesia Mayor.	27,673
Zaragoza.—Iglesia del Pilar.	199,814
Puerto de Canfranc.—En Somport, en una roca en la divisoria, frente al monumento que divide Francia y España.	1.631,899

La operación de la nivelación comprende el uso de los niveles y las miras y el modo de anotar en la libreta de nivelación los datos que se toman para efectuar aquella operación.

Nivel de albañil (figs. 32 y 33).—Consiste en un rectángulo ó en un triángulo de madera, cuyo travesaño inferior está próximamente más alto 5 centímetros que el extremo inferior de los montantes verticales ó de los que forman los otros dos la-

dos del triángulo. Hay una plomada suspendida de la parte superior y media del rectángulo ó del vértice del triángulo opuesto al travesaño T. El hilo de suspensión coincide con un trazo vertical marcado en el travesaño cuando los pies de los montantes MM' se apoyan sobre un plano horizontal.

Para comprobar si está bien el aparato, se le coloca apoyando sus pies sobre un tablero ó regla (horizontal ó no), y se mide la distancia del hilo de la plomada al trazo vertical del travesaño TT'; después se invierte el aparato, de manera que el montante M' ocupe la posición que tenía el M y el M la del M'.

Si entonces se verifica que el hilo de la plomada al lado opuesto del trazo vertical del travesaño T, está á la misma distancia que en la primera posición, el aparato está bien. En el caso de que para las dos posiciones del nivel coincida el hilo de la plomada con el trazo vertical del travesaño, nos indicará eso que el plano de apoyo es horizontal.

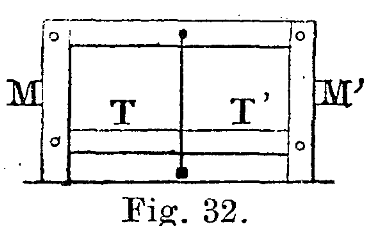


Fig. 32.

Este aparato permite comprobar si todos los puntos de una superficie, una solera de puerta, por ejemplo, están en un plano horizontal. Basta colocar el nivel apoyando sus pies en diversos sentidos.

El mismo aparato permite también conocer si dos puntos, separados algunos metros, están al nivel; basta colocar una regla sobre estos dos puntos y aplicar al medio de su longitud el nivel de albañil, que indicará si los dos puntos están al nivel ó cuál de los dos dos está más alto.

Por este procedimiento es por el que los albañiles trazan líneas horizontales en los muros, colocando el nivel encima de una regla apoyada en la obra sobre clavos.

Nivel de asentador.—Este aparato (fig. 33) es análogo al nivel de albañil y sirve para los mismos usos. Es de forma triangular, y su vértice corresponde á un ángulo recto, lo que permite

usarle también como escuadra. Tales son los aparatos sencillos de que se hace uso para comprobar el nivel de puntos ó de superficies construídas con aproximación.

Se puede utilizar del mismo modo el **nivel de burbuja de aire**, compuesto de un tubo de cristal curvado, con un radio próximamente de 15 metros, protegido por una guarnición de latón, que presenta por la parte inferior una regla plana perfectamente recta (fig. 34).

Cuando esta regla se adapta sobre una superficie horizontal, una burbuja de aire contenida en el líquido (sulfuro de carbono) que llena el tubo se coloca entre dos señales marcadas en éste.

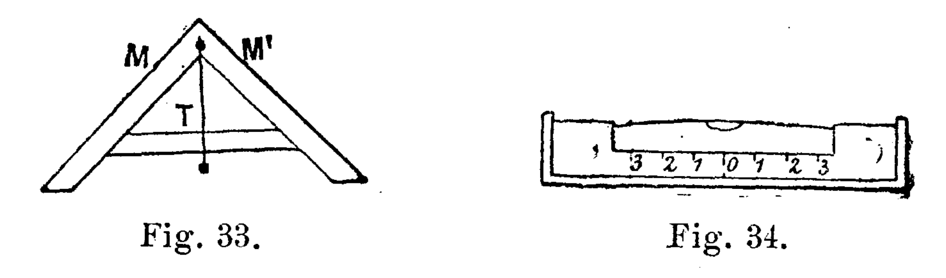


Fig. 33. Fig. 34.

El empleo de este instrumento está fundado en la propiedad de que el plano tangente á la superficie del tubo en el punto medio del espacio que ocupa la burbuja es horizontal mientras la burbuja no toca en los extremos del tubo.

Puede también utilizarse un nivel análogo al nivel de agua, que se describe á continuación, pero en el que se reemplaza el tubo metálico por un tubo largo de caucho.

En fin, para nivelaciones de alguna extensión es preciso acudir al **nivel de agua** (fig. 35), compuesto de un tubo de hoja de lata ó de latón, encorvado en sus dos extremidades, y dos frascos de cristal. Por su parte media está sostenido el tubo por una articulación de rodilla ó juego de nuez, unida á una pieza cónica hueca, que entra á frotamiento en la espiga de un trípode. Se llena el tubo y los frascos de un líquido coloreado; la recta que pasa por las superficies de nivel del líquido en los dos frascos es horizontal.

Sin embargo, puede suceder que una *visual* esté afectada de error, bien sea debido á la capilaridad, bien á que los dos frascos tengan diferentes diámetros ó bien á que los líquidos no los mojen igualmente. Para hacer desaparecer estas causas de error se hace otra nueva lectura invirtiendo los extremos del tubo y se toma la media de las dos lecturas.

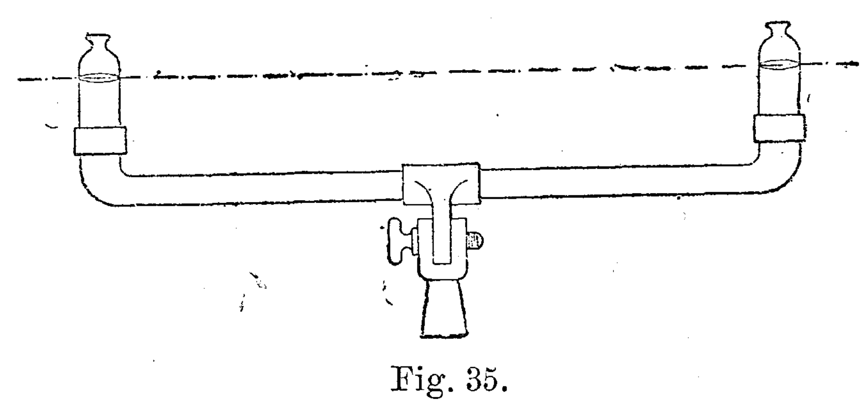


Fig. 35.

La refracción atmosférica y la del agua falsean también los resultados de la nivelación, alterando las cotas verdaderas de los puntos observados; pero en nivelaciones á poca distancia es despreciable esta causa de error, sobre todo si se coloca el nivel á igual distancia de los puntos observados.

Mira.—La *mira de tablilla* está formada por una plancha de hierro pintada de color rojo y blanco, como se indica en la figura 36; una doble regla, cuyas dos partes deslizan una sobre otra, llevan la primera la tablilla y la otra un talón en la parte inferior, á fin de apoyarla sobre el suelo de un modo estable. La mira debe colocarse en posición vertical. Se sube ó se baja la tablilla hasta que el trazo horizontal de su parte media coincida con la visual horizontal que pasa por los niveles del agua en los frascos.

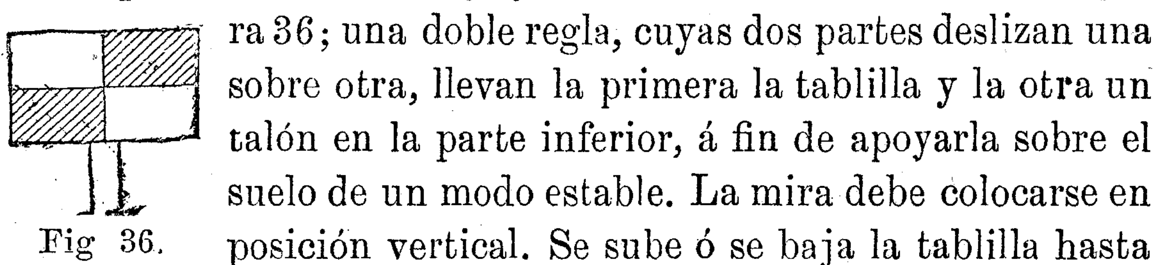


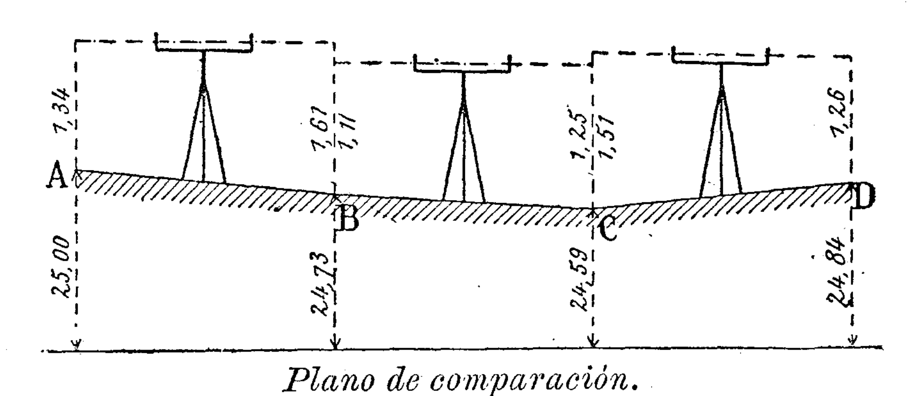
Fig 36.

En el dorso de la mira hay una división en centímetros grabada en las reglas, y el cero de ella se halla en el pie del instrumento. Una disposición particular permite apreciar las alturas con la aproximación de un milímetro.

La mira tiene dos metros de altura.

La *nivelación sencilla* consiste en tomar desde una misma estación las alturas de los diversos puntos.

La nivelación compuesta comprende una serie de nivelaciones sencillas. La nivelación compuesta es precisa cuando se quiere determinar la diferencia del nivel entre dos puntos, habiendo obstáculos que impidan colocar el nivel en punto conveniente, para desde una sola estación visar ambos ó si éstos se hallan á mucha distancia. En estos casos se toma la diferencia de nivel de los diversos puntos comprendidos entre los extremos cuyo desnivel



Plano de comparación.

Fig. 37.

deseamos conocer, y por una serie de nivelaciones parciales se viene en conocimiento de la diferencia de altura de dichos puntos extremos.

En una nivelación compuesta se llaman *niveladas de atrás* las visuales que sobre la mira ó los golpes de nivel dan las diferencias de altura con relación al punto de partida, y *niveladas de adelante* las que se dan en el sentido de la línea que se quiere nivelar.

Para efectuar una nivelación se eligen los puntos sobre los que se ha de colocar verticalmente la mira. Se forma así un polígono, que se cierra en el punto de partida para la verificación. Si se ha hecho bien la operación, debe encontrarse, al cerrar, la cota del punto de partida. Las cotas se refieren á un nivel inferior que se da arbitrariamente.

El instrumento (nivel) se coloca sucesivamente entre los vér-

tices del polígono, y desde cada estación se da una *nivelada adelante* y otra *atrás,* con dobles lecturas que se anotan en un estado. Los resultados de las operaciones se escriben en la libreta según el siguiente modelo de encasillado:

Número de las estaciones (fig. 37).		COTAS LEÍDAS EN LA MIRA		MEDIA DE LAS COTAS		DIFERENCIAS		Cotas finales. . .	Observaciones. . .
		Atrás. . .	Adelante.	Atrás. . .	Adelante.	Positivas.	Negativas.		
1	A	1,35							El plano de comparación está á 25 metros por debajo del punto A.
		1,33	. .	1,34	. .	. .	. .	25,00	
	B	. .	1,60						
		. .	1,62	. .	1,61	. .	0,27	24,73	
2	B	1,10							
		1,12	. .	1,11	.	.	. .		
	C	. .	1,24						
		. .	1,26	. .	1,25	. .	0,14	24,59	
3	C	1,50							
		1,52	. .	1,51	.	. .	. .		
	D	. .	1,25						
		. .	1,27	. .	1,26	0,25	. .	24,84	
		Totales. . .		3,96	4,12	0,25	0,41		
		Diferencias. .		0,16		0,16		0,16	

Uso de la mira de tablilla.—La mira tiene 2 metros de altura. El operador indica al portamira que suba ó baje la tablilla, levantando ó bajando la mano. Señala que la tablilla está en su punto, es decir, que el plano visual coincide con el centro de la tablilla, haciendo un movimiento horizontal con la mano. El portamira lee en alta voz la cota de altura, y el operador anota esta cota, después de haber comprobado la visual nuevamente.

Mira parlante (fig. 38).—La mira de tablilla descrita anteriormente presenta grandes imperfecciones; las maniobras que

necesita son muy largas. Desde hace mucho tiempo se hace uso de la *mira parlante*, que permite al operador leer por sí directamente sobre la mira las divisiones que en ella van señaladas.

El aparato se compone de una regla de madera de $0^{m},12$ de ancho y 2 metros de altura, dividida en partes iguales de 2 centímetros (ó también de 4 centímetros), alternativamente rojas y blancas.

Cada grupo no ocupa más que la mitad del ancho de la regla. Los grupos de lugar par ocupan la izquierda de la mira y los de lugar impar la derecha.

Las miras parlantes tienen ordinariamente 4 metros de longitud. Se doblan por su mitad, mediante una charnela, para hacerlas más portátiles.

La mira parlante se emplea con el nivel de burbuja de aire y también con el nivel de agua.

Cuando la visual se dirige por medio de un anteojo, se ve la mira invertida; también la numeración escrita en la mira está á la inversa, de alto á bajo, á fin de que resulte directa en el anteojo la lectura y sea más fácil hacer ésta. Están marcados solamente los decímetros. Los del segundo metro llevan un punto por encima, y los del tercer metro dos puntos, etc.

Para las nivelaciones de poca extensión basta el nivel de agua, pero el uso de éste no puede extenderse á más de 25 á 30 metros.

Para nivelaciones importantes ó más extensas es preciso recurrir al empleo de instrumentos de más precisión, tales como los niveles de burbuja de aire, acompañados de anteojos cuyo eje óptico es paralelo á la regla del nivel, lo que permite dirigir visuales á grandes distancias.

Fig. 38

Nivel de burbuja de aire Lenoir (fig. 39).—El aparato se compone de un platillo circular P, sobre el que puede girar el

anteojo LL' fijado en B, B' á dos prismas de base cuadrada. El anteojo descansa por su punto medio sobre un muñón, al rededor del que puede girar. El todo está sostenido por una parte cilíndrica C sólida, con una plataforma P' provista de tres tornillos de apoyo, dos de los que V y V' están representados en la figura. Un nivel de burbuja de aire está puesto en la parte superior del aparato y todo él va colocado para su manejo sobre un trípode. Se hace horizontal el platillo P' por medio de los tornillos de la plataforma inferior.

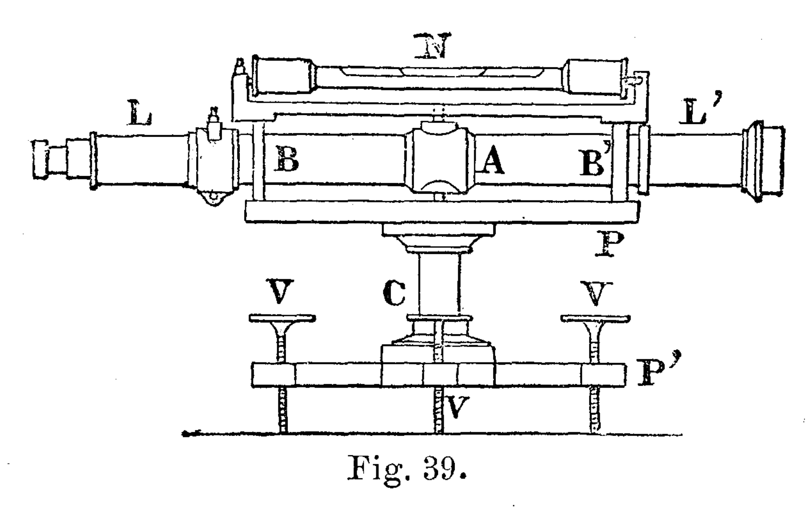


Fig. 39.

La exactitud del instrumento depende del paralelismo del eje óptico del anteojo con el eje del nivel. Para verificar este paralelismo se dirige la visual á un punto de la mira ó á un punto lejano; después se hace girar el anteojo en sus collares 180°; se dirige la visual de nuevo al mismo punto, y si las dos visuales coinciden se está seguro que la condición del paralelismo está satisfecha. Si no es así, se obtiene la coincidencia de las dos visuales por medio de un tornillo que hace mover uno de los hilos de la retícula del anteojo.

Mr. Egault ha indicado desde hace largo tiempo la marcha que debe seguirse en una nivelación para obtener un resultado exacto, haciendo uso de un instrumento cuyo anteojo esté descentrado y que el eje de figura del anteojo y la horizontal de la burbuja de aire no sean paralelos á la plataforma.

El método consiste en dirigir sobre la mira colocada cuatro visuales correspondientes á las cuatro posiciones que puede tomar el anteojo sin que el mismo hilo deje de ser horizontal. A este efecto, después de haber dirigido la visual á un punto de la mira, se hace girar el anteojo una semirrevolución en sus collares y se visa de nuevo el mismo punto de quien se toma la cota. En seguida se invierte el anteojo en sus collares, cambiando de posición sus extremos, y haciendo girar todo el instrumento al rededor de su eje vertical, se dirige el anteojo á la mira. En esta situación se efectúan de nuevo otras dos lecturas, haciendo girar el anteojo en sus collares al rededor de su eje óptico. La media de las cuatro cotas así obtenidas es la cota exacta del punto.

Levantamiento de planos.—Los principales instrumentos y aparatos que se utilizan para levantar un plano son los siguientes:

Los *jalones* (fig. 40), de una longitud de 2 metros próximamente, llevan una muesca ó entalladura en su extremidad superior, donde se pueda sujetar un trozo de papel ó bandera para que se puedan ver desde lejos; se colocan los jalones verticalmente, siguiendo las alineaciones que se quiera determinar.

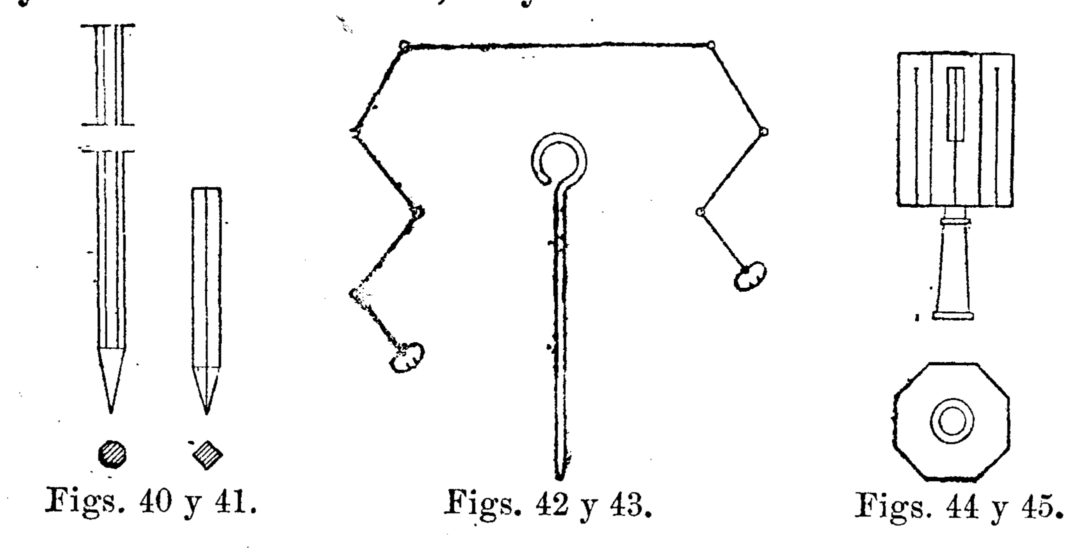
Los *piquetes* son de madera dura ó hierro (fig. 41), que se hincan á golpe hasta el nivel del suelo á fin de que no se puedan arrancar. Sirven para apoyar sobre ellos el talón ó pie de las miras al hacer la nivelación y marcar las referencias que convenga conservar.

La *cadena de agrimensor* (fig. 42) es un decámetro compuesto de varillas de hierro de $0^m,20$ de longitud, unidas unas á otras por anillas. Extendida la cadena tiene 10 metros de largo, contados desde la cara interior de una de las asas de los extremos á la cara interior de la otra asa.

Para medir con la cadena es preciso un operador en cada uno de sus extremos. Deben colocarse en la dirección de la alineación

establecida con los jalones sobre la que se quiere medir una distancia. Cada 10 metros, el que va delante clava en el terreno una aguja (fig. 43), coincidiendo con el asa de la cadena que lleva cogida, y deja fija la aguja levantando la cadena; el que va detrás, cuando llega á una aguja aplica á ésta el asa de la cadena, y no la mueve mientras que el que va delante no haya fijado otra aguja; después levanta la cadena y recoge la aguja de atrás.

Para más exactitud, se emplea en vez de la cadena de agrimensor la cinta de acero de 12 milímetros de ancho, dividida en metros y decímetros, marcados con pequeños discos de cobre. Hay cintas de acero de 20, 40 y 60 metros.



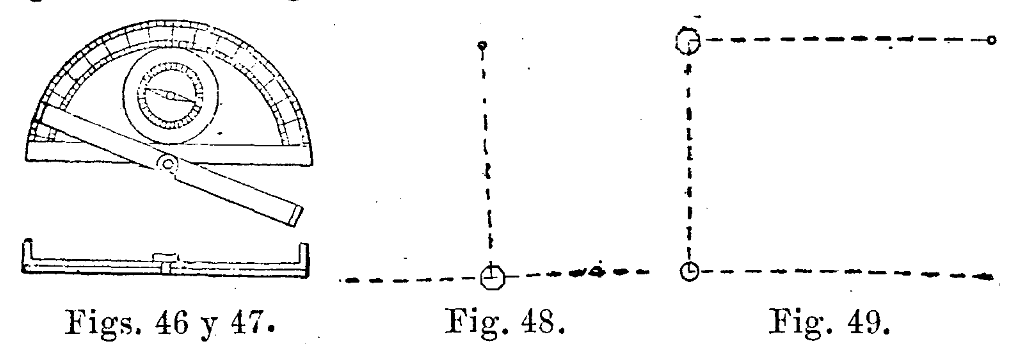
Figs. 40 y 41. Figs. 42 y 43. Figs. 44 y 45.

La *escuadra de agrimensor* (figs. 44 y 45) es un prisma octogonal ó un cilindro, en el que verticalmente hay practicadas 8 hendiduras con pínulas diametralmente opuestas. Con este instrumento se trazan alineaciones formando ángulo recto ó en ángulo de 45 grados.

Las figuras 48 y 49 indican cómo se utiliza la escuadra para trazar una perpendicular ó una paralela á una recta dada.

Con el *grafómetro* (figs. 46 y 47) se dirigen las visuales por medio de una *alidada* ó regla de cobre que lleva un talón ó virola en cada una de sus extremidades. Esta alidada gira al rededor del centro de un círculo graduado y en el plano ó limbo de este círculo.

El grafómetro está montado sobre un trípode, por medio de un cubo con una articulación de rodilla ó nuez. Este aparato sirve para medir ángulos.



Figs. 46 y 47. Fig. 48. Fig. 49.

La figura 50 indica qué procedimiento debe seguirse para tomar la configuración de un *terreno irregular y accesible.* Todas las longitudes indicadas se miden con la cadena; las perpendiculares se trazan con la escuadra. Si el terreno fuera inaccesible, se encierra su contorno dentro de un polígono y se refieren á éste los lados del perímetro del terreno.

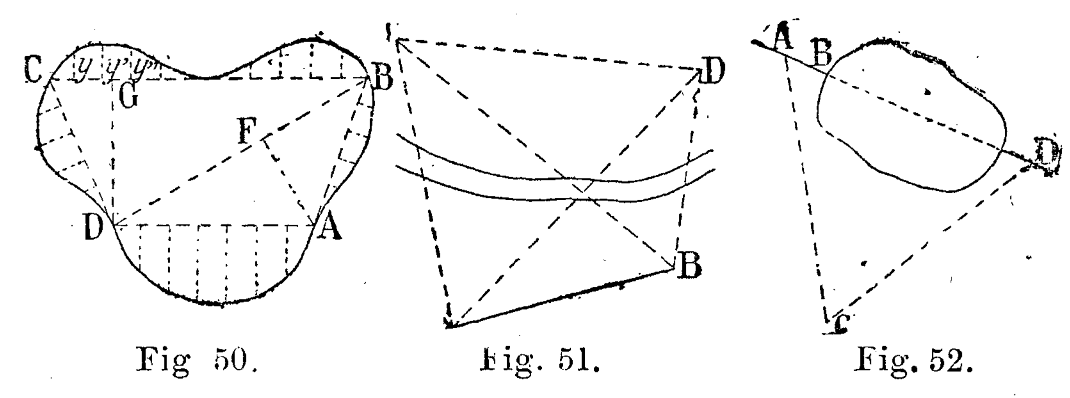


Fig 50. Fig. 51. Fig. 52.

La figura 51 indica la serie de operaciones que es preciso hacer para *medir la distancia de dos puntos inaccesibles* C y D. Se establece con jalones la base AB y se la mide. Se miden los ángulos en A y en B con el auxilio del grafómetro.

En el triángulo CAB se calcula CB. En el triángulo ADB se calcula DB. Y queda por calcular el lado CD del triángulo CBD, del que se conocen dos lados y un ángulo.

Para *prolongar una alineación* AB á través de un obstáculo se procedería como indica la figura 52. Se mide AC, el ángulo en A y el ángulo en C; se calcula CD y el ángulo D.

Levantamiento del plano de un terreno por el método de seguimiento (fig. 53).—En esta operación se usa únicamente la cadena de agrimensor ú otro instrumento que sirva para medir longitudes. Por este procedimiento se puede obtener la medida de los ángulos y de las figuras rectilíneas.

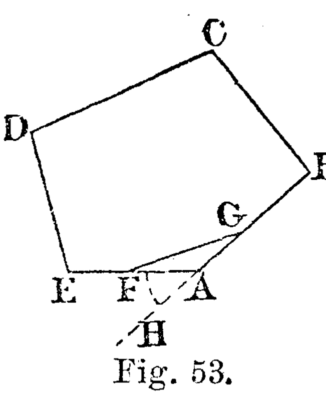


Fig. 53.

Es este un procedimiento aproximado, que puede ser útil cuando faltan instrumentos para medir los ángulos. Sea un polígono ABCDE, cuyos vértices son todos accesibles. Se empieza por hacer un croquis á la vista de este polígono; después se miden los lados con la cadena de agrimensor.

Se anotan las medidas obtenidas en el croquis. Para medir un ángulo A, se miden sobre los lados de este ángulo longitudes AG, AF tan grandes como sea posible, que se anotan en el croquis, así como la longitud GF. Se hace lo mismo con los demás ángulos. De este modo se podrá dibujar el polígono ABCD en una escala determinada. El trazado tendrá una comprobación, puesto que el polígono deberá cerrarse con los lados medidos para cada uno de los ángulos.

Si en alguno de éstos no pudiera medirse la recta interior GF, se tomará por los mismos medios el ángulo exterior EAH, midiendo en sus dos lados longitudes determinadas, y se tomaría el suplemento de ese ángulo exterior al polígono.

Levantamiento del plano de un terreno por radiación (fig. 54).—Se puede proceder de dos maneras: 1.º Tomando un punto interior O, y uniéndole con todos los vértices; después se miden los diversos lados de los triángulos y los radios OA, OB, OC, etc. Así se obtienen para cada triángulo parcial sus tres lados, que le determinan exactamente. Estas medidas permiten, por lo tanto, dibujar un polígono semejante al polígono propuesto.

2.° Se puede también, partiendo de un mismo vértice A, medir todas las diagonales de A á los demás vértices (fig. 55).

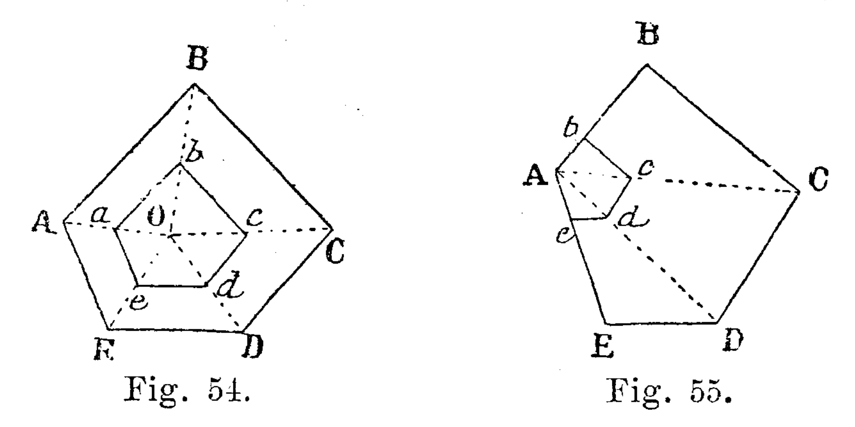


Fig. 54. Fig. 55.

Levantamiento del plano del terreno por medio de intersecciones; caso en que los vértices son inaccesibles y *visibles* (fig. 56).—Se elegirá una base MN, tan extensa como sea posible; desde cada una de sus extremidades M y N se fijan con jalones las direcciones hacia cada uno de los vértices A, B, C. Se medirán los ángulos que cada una de estas direcciones haga con la base de operaciones MN. Por medio de estos ángulos, y por el método de las intersecciones, se podrá construir en determinada escala una figura geométrica que sea semejante al terreno cuyo plano se desea obtener.

Fig. 56.

Por este medio se podrá apróximadamente levantar el plano de un conjunto de puntos, que unidos formen el contorno irregular que se desea.

Sin embargo, el levantamiento del plano, solamente con el metro ó cinta métrica, es poco exacto, y cuando se pueda disponer de instrumentos que más adelante se describen se obtiene mayor exactitud.

Levantamiento de un plano con la escuadra de agrímensor (fig. 57).—Se elige una base de operaciones MN, en la que se fijan jalones. Esta base debe ser tal que desde cual-

quier punto de ella se puedan ver los diferentes vértices del polígono ABCDE, cuyo plano se quiere levantar. Entonces, por medio de la escuadra de agrimensor, y después de haber puesto jalones en los puntos A, B..... se trazan perpendiculares á la base bajadas desde los vértices del polígono. Se miden las perpendiculares A*a*, B*b*, así como también las distancias de los pies de ellas *a*, *b*, *c* sobre la base de operaciones á un origen O tomado sobre la misma, y así se tienen todos los elementos necesarios para dibujar el plano del polígono en una escala determinada.

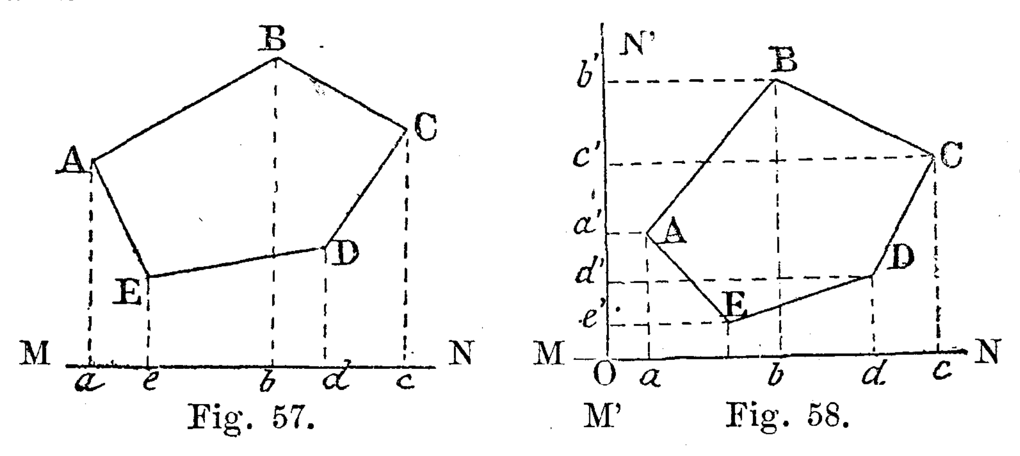


Fig. 57. Fig. 58.

La comprobación de que los datos están bien tomados consiste en la coincidencia de las distancias medidas sobre la base MN y las longitudes correspondientes del dibujo; por lo tanto, debe verificarse la igualdad:

$$ab + bc = ac + eb + bd + dc.$$

A veces se elige por base de operaciones una diagonal, sobre la que se bajan las perpendiculares desde los vértices por medio de la escuadra de agrimensor.

Se comprende que los procedimientos que preceden son aplicables á una línea sinuosa cualquiera. En este caso se eligen en ella los puntos que más principalmente determinen su forma, y se toman estos puntos del mismo modo que se ha indicado anteriormente para los vértices de un polígono. Después, en el dibujo, se unen estos puntos por un trazo continuo.

Cuando el terreno es inaccesible en el interior del polígono que le limita, se procede como á continuación exponemos para 'evantar *el plano con la escuadra por intersecciones* (fig. 58).

Se marcan sobre el terreno y fuera de aquél, cuyo plano queremos levantar, dos direcciones MN, M'N' perpendiculares entre ií. Con relación á cada una de estas dos bases de operaciones, se procede como hemos dicho anteriormente; es decir, se determinan por medio de la escuadra de agrimensor los pies *a*, *b*, *c*..... le las perpendiculares bajadas desde los vértices A, B, C..... sobre las alineaciones MN, M'N'; se miden las distancias de los puntos A, B, C... á estas líneas de operaciones, y las distancias le los pies *a*, *b*, *c*... *a'*, *b'*, *c'*... al punto de intersección de los dos ejes, y así se tendrán todos los elementos lineales necesarios para libujar á escala el plano que nos proponíamos obtener. En el libujo, cada punto A se encuentra determinado por la intersección de dos perpendiculares á los ejes MN, M'N'.

Levantamiento de un plano con el grafómetro.—Por medio de la cadena de agrimensor y del grafómetro se puede evantar el plano de un terreno por *seguimiento*. Basta para ello nedir los lados del polígono formado fijando sus vértices en los puntos más notables y medir los ángulos que comprenden entre í los diversos lados de este polígono.

Levantamiento del plano de un terreno cubierto de bosque é inaccesible.—Se rodea el terreno, contorneándole por medio de un polígono, que toma el nombre de polígono topográfico, y después se levanta el plano de este polígono, bien sea por el método de seguimiento ó bien por el de intersecciones, y e refiere la línea del contorno del terreno y los objetos á los ados de este polígono.

Plancheta (fig. 59).—Consiste este aparato en un tablero para dibujar colocado sobre un trípode. Una articulación de ro-

dilla ó nuez permite que el tablero sea movible al rededor de un eje vertical; se fija sobre el tablero una hoja de papel de dibujo, sobre la que se traza el plano como se indica á continuación.

Esta plancheta puede tomar todas las inclinaciones, y un tornillo de presión la fija en la situación que se quiera.

Un instrumento complementario de la plancheta es la *alidada*, cuya descripción es como sigue.

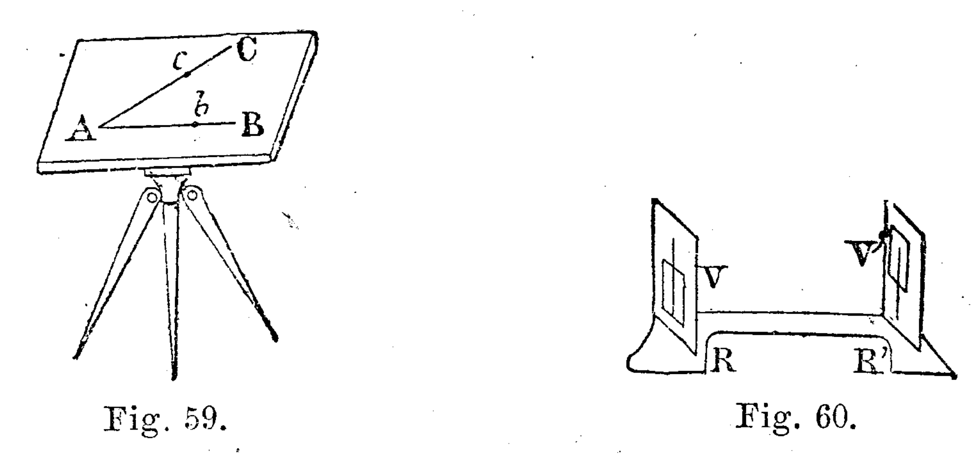


Fig. 59. Fig. 60.

Alidada (fig. 60).—La alidada es una regla horizontal de metal RR', generalmente de cobre, en cuyos extremos hay dos *pínulas* V y V', provistas de ventanillas rectangulares, cuyos ejes verticales se prolongan por una hendidura estrecha ó *ranura*. En el eje de la ventanilla hay colocado un hilo tenso de seda ó de crin. Los hilos de las dos reglas verticales opuestas V y V' determinan un plano, que se llama *plano de colimación*. Aplicando el ojo á la ranura y mirando un objeto lejano se hace pasar por éste la visual, determinando con ello el plano de colimación que pasa por dicho objeto. Las dos reglas V y V' ó pínulas de la alidada están dispuestas de manera que cada ventanilla corresponde á la ranura de la cara opuesta, como se indica en la figura 60.

El plano visual pasa por la arista inferior RR' de la alidada; de modo que colocando ésta sobre una plancheta horizontal, la recta RR' es el trazado horizontal de aquel plano.

Antes de utilizar la alidada es indispensable comprobarla; esto se consigue trazando sobre la plancheta la dirección RR' de una

visual; después se invierten los extremos de la alidada coincidiendo la arista RR' con la dirección trazada, y se observa si el plano visual queda siendo el mismo que anteriormente.

Por medio de la alidada es fácil trazar el ángulo formado por dos alineaciones, colocando el instrumento en el vértice del ángulo.

Levantamiento de un plano con la plancheta.—*Método de seguimiento.*—Este método es aplicable si todos los vértices son accesibles y si desde cada vértice se pueden ver el anterior y siguiente, ó sean los dos vértices próximos.

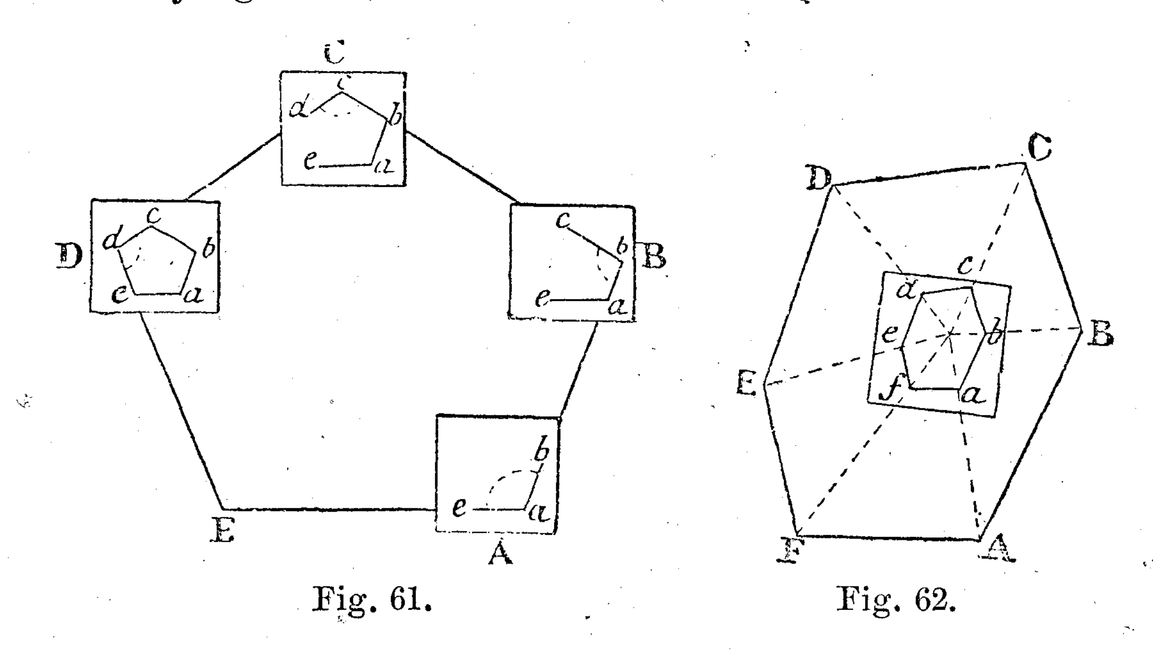


Fig. 61. Fig. 62.

Suponiendo que se cumplan estas condiciones, sea ABCDE el polígono cuyos vértices se hallan situados en la línea de contorno de un terreno cuyo plano queremos levantar. Se situará la plancheta en el vértice A, lo que permitirá dibujar en ella (fig. 61) el ángulo A ó los lados del mismo AB, AE; se medirán sobre el terreno las longitudes de estos lados, y sus medidas se reducirán á la escala adoptada, marcando sobre el dibujo estas magnitudes.

Después se fijará la plancheta en el vértice B, de manera que el vértice *b* del dibujo coincida con el vértice B en la vertical del terreno que pasa por este punto, y que la dirección *ba* coin-

cida con la alineación BA; hecho esto, se trazará por medio de la alidada sobre la plancheta la recta *bc* según la dirección BC, se medirá BC y se llevará sobre el dibujo esta longitud reducida á la escala en la línea *bc*. Así se continuará, instalándose del mismo modo en todos los demás vértices. Si las operaciones están bien hechas, el polígono *abcde* se cerrará de modo que el último ángulo en *e* del dibujo sea igual al ángulo en E.

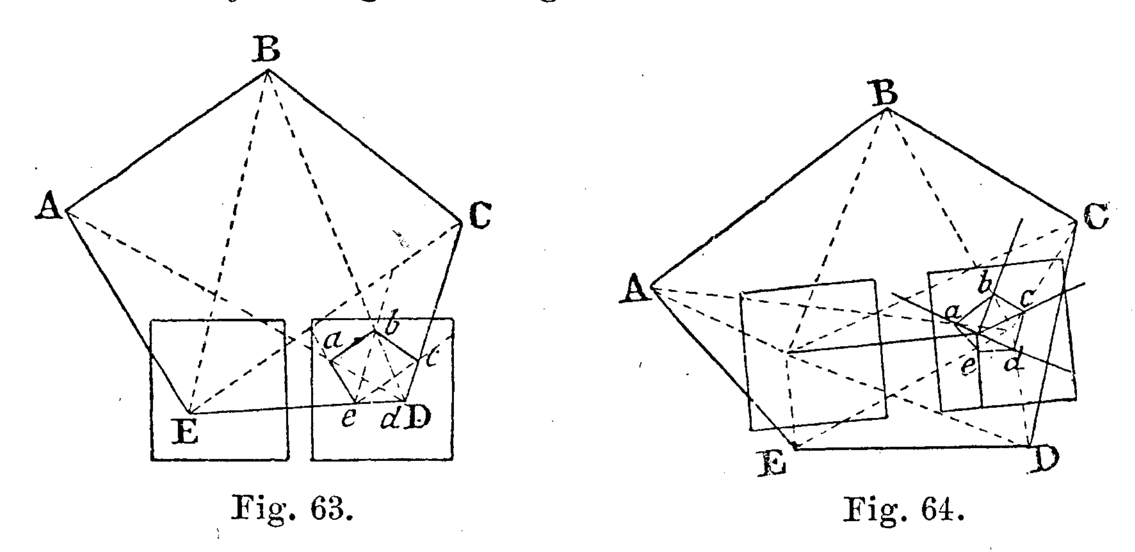


Fig. 63. Fig. 64.

Método por intersecciones.—Se puede tomar por base uno de los lados del polígono (fig. 63) ó una recta en su interior (figura 64). En cada uno de los extremos de la base adoptada se coloca la plancheta sucesivamente, y se trazan en ésta sobre el dibujo rectas cuyas direcciones pasen por todos los demás vértices. Las intersecciones de estas rectas en el dibujo determinarán el polígono reducido á la escala adoptada.

Caso en que el polígono es inaccesible y descubierto.—Se elegirá una base tal que desde cada uno de sus extremos se puedan ver todos los vértices del polígono. En estas condiciones se podrá emplear el método de intersecciones por medio de la plancheta transportada sucesivamente á los extremos de la base.

Empleo de la brújula.—La brujula sirve para orientar los planos. La aguja de ésta forma con la dirección Norte-Sur del meridiano terrestre un ángulo que varía muy poco; este ángulo

se llama de declinación de la aguja. Esta declinación en París es de 20° próximamente, medida en dirección al Oeste, de derecha á izquierda para el observador colocado mirando al Norte. En Madrid, la declinación de la aguja es de 19° 20′ al Oeste próximamente. La declinación varía con los lugares, y en un mismo lugar también experimenta variaciones anuales y aun diurnas.

Un plano se orienta ó se dice orientado trazando sobre él una línea con una flecha que marque exactamente la dirección Norte-Sur.

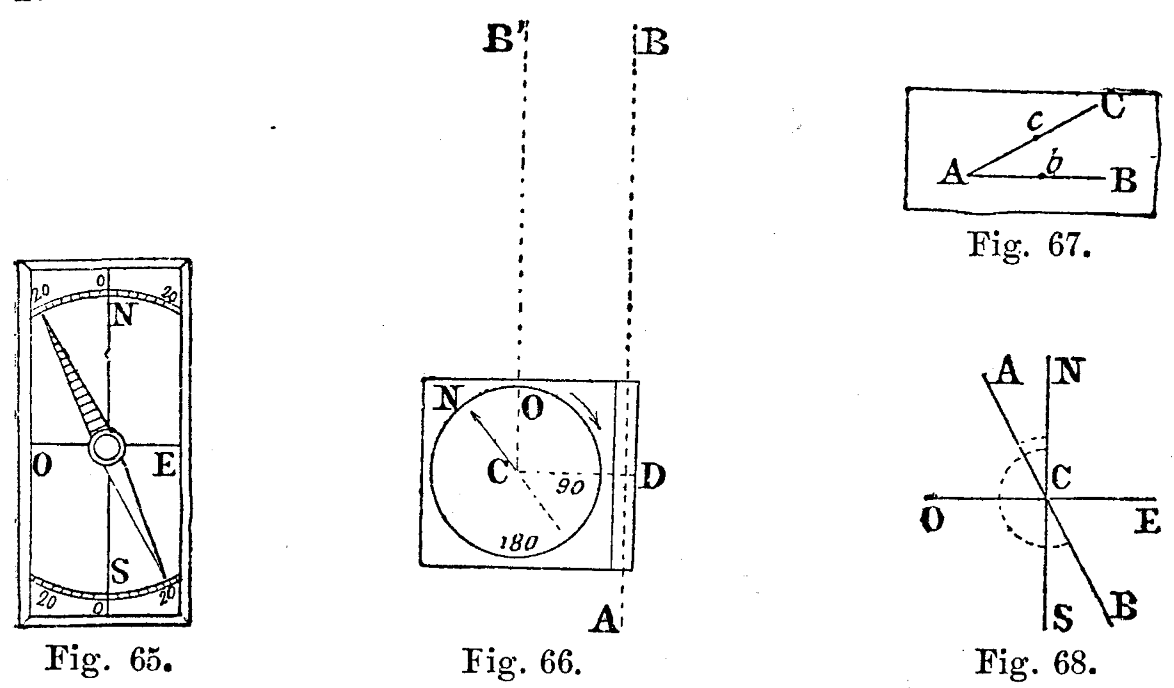


Fig. 65. Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68.

Se llama *acimut magnético* de una dirección sobre el terreno el ángulo que forma la proyección horizontal de esta dirección con la de la aguja imanada. Este ángulo se mide partiendo del Norte de la aguja en sentido hacia la izquierda hasta la dirección dada (fig. 65).

La brújula de agrimensor (fig. 66) está constituída por una caja cuadrada de madera, cilíndrica en su interior. Está dispuesta de manera que puede girar libremente al rededor de un eje vertical, y está montada sobre un trípode por medio de una articulación de rodilla de juego de nuez como el grafómetro.

Los extremos de la aguja se mueven encima de una circunfe-

rencia dividida en 360 grados colocada en el fondo de la caja. La graduación está marcada de izquierda á derecha para el observador, supuesto colocado en el centro. La línea de fe (de 0° á 180°) es paralela á dos lados de la caja; uno de éstos, el próximo á la división 90°, lleva una alidada de madera sujeta á girar al rededor de un eje horizontal situado en la prolongación de la división 270° — 90°.

Esta alidada tiene en cada uno de sus extremos una placa metálica, en la que hay un pequeño agujero y una ventanilla con un hilo. Por medio de esta alidada así dispuesta se pueden visar los objetos lejanos situados á diferentes alturas.

Para determinar el *acimut* de una dirección AB se coloca (figura 66) la brújula montada sobre su trípode, de modo que el plano visual determinado por la alidada y sus pínulas coincida con AB. El ángulo de 360° — NCB', que forma la línea CO con CN á la izquierda de ésta es el acimut buscado; este ángulo está dado directamente por CN sobre el limbo de la brújula. La brújula puede servir para levantar el plano de los ángulos.

Por medio de ésta se puede determinar el ángulo de dos alineaciones cuyo vértice sea accesible. Se coloca el punto D de la brújula (fig. 66) en el vértice del ángulo; se obtienen los ángulos que cada una de las alineaciones de los lados forman con la dirección de la aguja, y según que esta dirección esté dentro ó fuera del ángulo cuya medida se busca, así resultará éste igual á la suma ó á la diferencia de los dos ángulos medidos.

Las operaciones que se hacen con la brújula son rápidas, pero no tienen gran precisión.

Declinatoria.—La declinatoria es una brújula que sirve para orientar la plancheta (fig. 65). La brújula está encerrada en una caja rectangular; los lados mayores de esta caja son paralelos á la línea de fe del limbo. La aguja recorre solamente un arco de 40 grados; trazado un ángulo CAB sobre la plancheta (fig. 67), se hace girar la declinatoria hasta que la aguja imanada coincida

con el diámetro del limbo que marca 0°. En este estado se traza sobre la plancheta una recta, sirviendo de regla uno de los lados mayores de la caja de la declinatoria, cuya línea da la dirección del meridiano magnético, y por tanto, teniendo en cuenta la declinación de la aguja, se traza la dirección del meridiano terrestre. Si se transporta la plancheta á otra estación, se coloca el lado mayor de la caja de la declinatoria en la dirección (N — S) y se gira la plancheta hasta que la aguja imanada coincida con el cero (según la línea de fe). La plancheta resultará colocada paralelamente á su primitiva dirección, y entonces se dice que está orientada.

Excavaciones.—Después de nivelado el terreno sobre el que se quiere edificar, se traza el contorno exterior del edificio por medio de cuerdas sujetas á piquetes ó clavos; después se *cava* el suelo por capas sucesivas de 0^m,40 próximamente en toda la extensión de la planta de la casa, si se ha de construir sobre sótanos, y de no ser así se excava solamente el emplazamiento de los sótanos, las fosas para los retretes y las de las paredes divisorias.

Las excavaciones son fáciles en los terrenos secos y consistentes; en los terrenos arenosos es preciso tomar precauciones contra los desprendimientos; por lo tanto, si las excavaciones son extensas, es preciso no hacerlas verticales, sino con inclinación en talud al exterior, y si ha de llegarse á profundizar mucho, se forman banquetas en el talud ó se va dejando éste escalonado.

Para contener las tierras á medida que se profundiza se colocan maderas en el sentido vertical, y entre éstas otros trozos ó piezas de madera transversales un poco inclinadas, haciéndolas caminar del pie con el pico de un cincel ó de un pie de cabra.

Si al hacer la excavación se encuentra agua de manantial, se agota, ó mejor, si es posible, se la desvía de la excavación minándola y dándole salida en otra dirección, si la filtración se presenta en las paredes de la excavación en forma de cascada natural. Se efectúa la *desecación* por medio de cubos, de palas re-

dondas, de palas ó achicadores de madera holandeses, bombas con tablas, rosarios, bombas aspirantes de doble efecto, bombas centrífugas, bombas con canalón ó con cubos ó norias y tornillo de Arquímedes.

En el caso de que se trate de levantar fundaciones muy sólidas, es preciso subir muros de contención provisionales formados por estacas gruesas con punta, contra las que se colocan maderas, que en su intermedio contienen la arcilla en declive.

En las excavaciones importantes se dejan sin cavar en sitios convenientes, para definir la conformación del terreno, pequeñas eminencias de tierra ó *damas*, que después de hecha la excavación indican la primitiva configuración del terreno.

Las *excavaciones en pozos* se abren en forma de hoyo circular de $1^m,30$ próximamente de diámetro, bastante para que un hombre pueda trabajar en el fondo. El pocero hace una *entibación* con tablas de 2 metros de largo, sostenidas por tres aros de hierro apretados por cuñas contra las tablas. En ciertos terrenos desmoronables, á los blindajes ó entibaciones no se les da más que 1 metro de largo, porque de otro modo no se podría sostener el terreno. La extracción de las tierras se efectúa por medio de un cubo que se sube con un torno ó malacate de poceros.

En los trabajos corrientes no se ponen entibaciones de madera, que se hacen indispensables cuando los pesos de las fábricas que han de quedar suspendidas son considerables. Se excava bajo el muro, tomando una longitud de 1 metro, y se maciza con la fábrica inmediatamente; después se toma otro tajo de 1 metro, pero lo más lejos posible del tramo anterior.

La *excavación en el agua y bajo el agua* se efectúa por medio de *dragas*. Se practica lo mismo en los terrenos donde no se puede hacer en seco que bajo el agua. Las dragas se mueven á mano cuando la profundidad del agua no pasa de 2 metros (figura 69). En los terrenos más resistentes se emplea la draga á torno (fig. 70).

Cuando se hace el dragado se establece una ataguía (véase más adelante, figs. 129 y 130).

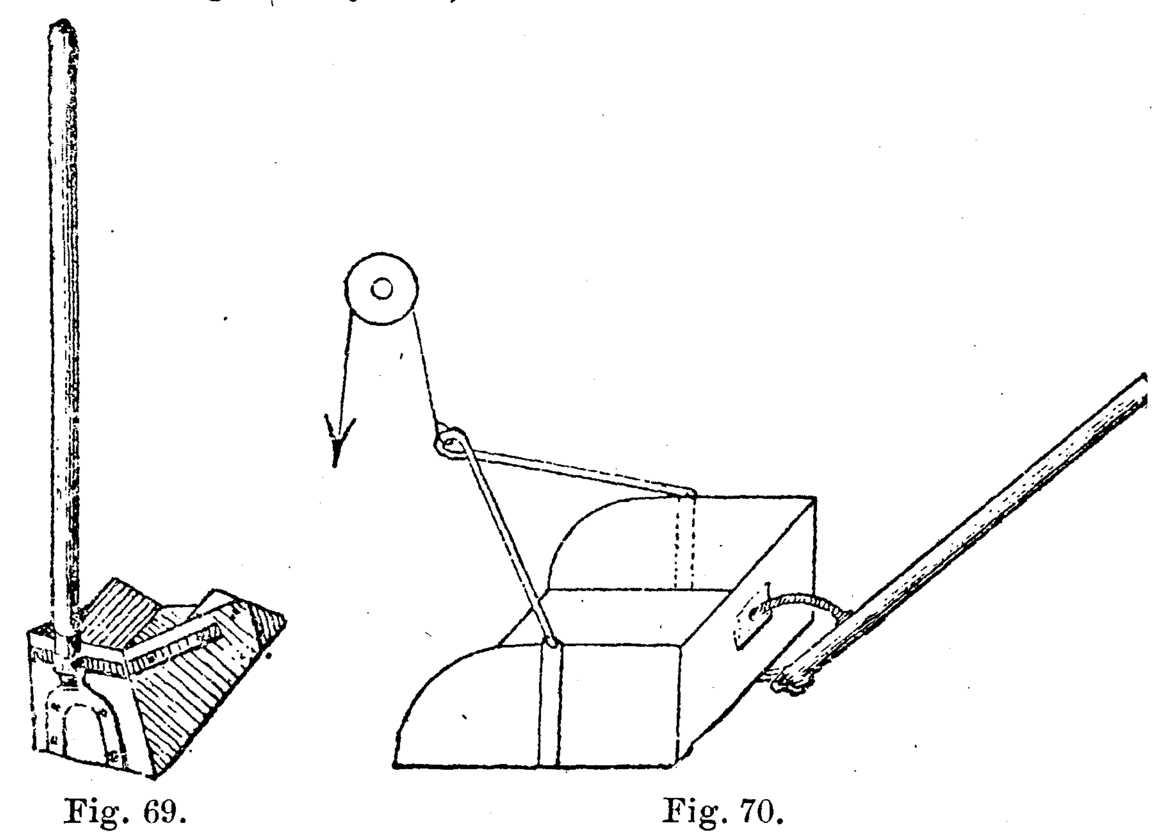


Fig. 69. Fig. 70.

Movimientos de tierras.—Se llaman *movimientos de tierras* los trabajos que tienen por objeto modificar la configuración del *terreno,* sea por medio de desmontes ó de excavaciones, sea por terraplenes.

Desmontes.—Se emplea la pala, la azada (fig. 71), y no es preciso el picachón para la tierra ordinaria, vegetal ó removida, el fango, turba, arena y cascajo suelto.

Con el picachón se cavan los terrenos francos, cantos rodados y aglomerados, la arcilla, tierra grasa, la marga y la toba ordinaria; se pueden cargar estos terrenos con la pala en carretilla ó en carretón.

Fig. 71.

En cuanto á las rocas, no pueden excavarse más que á pico, con barra de uña ó á barreno.

Tiro.—El tiro consiste en coger y lanzar con la pala tierras sueltas excavadas de antemano. Las tierras extraídas de la excavación deben lanzarse lo más lejos posible para no sobrecargar el terreno inmediato.

Se distingue:

1.° El *tiro horizontal*, según el que las tierras se lanzan á una distancia de 3 á 4 metros.

2.° El *tiro sobre el escarpe*, que consiste en volver á echar la tierra en el borde de la excavación.

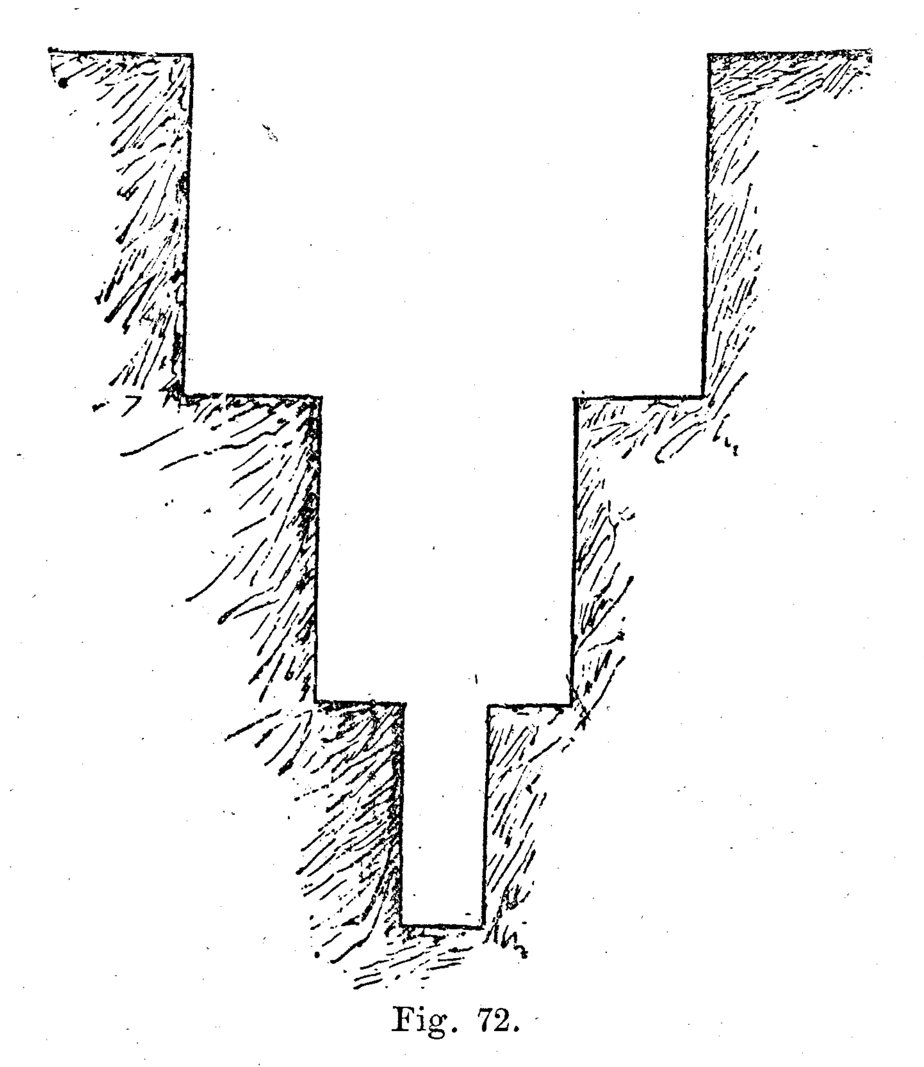


Fig. 72.

3.° El *tiro sobre banqueta*, que se emplea cuando la excavación pasa su profundidad de 2 metros. En este caso los excavadores lanzan la tierra sobre escalones en retirada ó *banquetas* distribuídas de trecho en trecho, con una altura todas de $1^m,50$ á 2 me-

tros. Los operarios suben así la tierra de una á otra banqueta, hasta que en la superficie se la carga en carretillas. La figura 72 indica esta disposición.

En las excavaciones estrechas las banquetas se reemplazan por andamiadas, en las que los obreros toman las tierras que otros les envían desde el fondo y las lanzan sobre el escarpe.

Ejecución de las trincheras.—Cuando las trincheras tienen menos de 6 metros de profundidad, se abre una excavación estrecha hasta el nivel proyectado para el fondo de la trin-

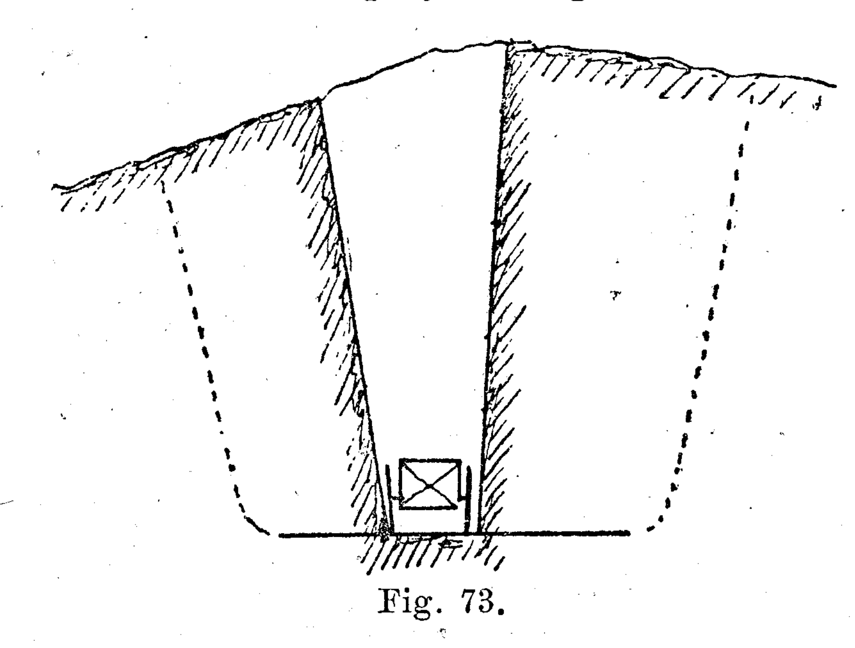


Fig. 73.

chera (fig. 73); cuando esa excavación tiene la longitud suficiente se establece una ó varias vías de carriles, si el transporte se ha de hacer pcr vagones; las tierras laterales se cargan en los vagones y se conducen, bien al depósito en que han de quedar ó bien á los terraplenes que hayan de formarse con ellas.

Cubicación de las excavaciones.—Extractaremos del *Tratado de construcciones rurales*, de J. A. Grandvoinnet, los renglones siguientes:

«No pasando la profundidad de un metro, la tierra excavada se colocará directamente en el escarpe interior del recinto de la

construcción; después se extiende en toda la superficie de la futura explanación, para elevar su nivel. Este terraplén será bien apisonado y después nivelado, así como el fondo y las paredes de las zanjas.

»¿Cuál será el cubo extraído?

»Sea (fig. 74) una longitud y una anchura entre muros de 12 y de 6 metros, respectivamente; una profundidad de excavación de $0^m,70$, con un ancho de $0^m,60$. El cubo de tierras excavado será igual á la diferencia entre un paralelepípedo que tenga $13^m,20$ de largo y $7^m,20$ de ancho y otro que no tenga más que 12 metros por 6, con una profundidad de $0^m,70$, ó sea 16 metros cúbicos 128 litros.

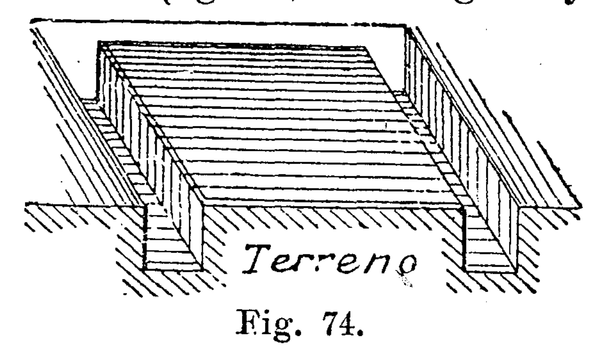


Fig. 74.

1.^{er} cubo: $13^m,20$ de long. $\times 7^m,20$ de ancho $\times$ $0^m,70$ de profundidad $= 66^{m^3},528$

2.° cubo: 12 m. de long. $\times$ 6 m. de ancho $\times$ $0^m,70$ de profundidad $= 50^{m^3},400$

Diferencia que representa el cubo extraído. $16^{m^3},128$

»Para cada metro cúbico:

1.° Excavación.	$0^h,60$
2.° Colocación de las tierras en el escarpe.	$0^h,60$
3.° Extensión de las tierras. . .	$0^h,60$
4.° Apisonado..	$0^h,33$

$2^h,13$ á $0^p,25 = 0^p,53$

O sea 0 pesetas 53 céntimos por metro cúbico, y para $16^{m^3},128$ = 8 pesetas 55 céntimos.

Nivelación de $12 \times 6 = 72^{m^2}$ á $0^h,6 = 4^h,32$.

Nivelación del fondo y de los lados de la zanja, evaluado en trabajo y tiempo bien aprovechado, 76 metros cuadrados á $0^h,02 = 1^h,536$.

En junto, $5^h,86$ á 0 pts. 25 = 1 pt. 46.

Luego 8,55 + 1 pt. 46 = 10 pts. 01.

»Lo que da para precio del coste real del metro cúbico de excavación para fundación en zanja, todo comprendido, la suma de 0 pesetas 62, si la hora de trabajo de los obreros cuesta á razón de 25 céntimos de peseta».

Este precio, sobre todo en las ciudades, es excesivo, y en París debe ser doble á lo menos.

Excavaciones debajo de obras construídas.—Estas excavaciones son muy delicadas; deben hacerse en pequeños trozos, á lo más de 1 metro, y si es preciso, para mayor seguridad, se hace una entibación.

Excavaciones en roca.—Se hacen con el pico y la barra cuando las rocas son blandas ó arcillas tenaces, calizas flojas de cantera en bancos y yesos. Se puede también emplear el procedimiento por hundimiento ó derribo.

Las rocas compactas y tenaces, como mármoles, areniscas, calizas silíceas, esquistos, granitos y basaltos, exigen el empleo de punteros ó pistoletes con mazas, cuñas y barrenos con pólvora; se practican con éstos agujeros cilíndricos de 4 centímetros de diámetro próximamente, y de 60 á 80 centímetros de profundidad, para desagregar bloques pequeños.

Excavaciones en derribo ó á la zapa.—Cuando hay que efectuar grandes excavaciones, y el terreno se presta por sus condiciones, se puede recurrir con ventaja al sistema de socavarle por debajo y derribarle en grandes masas. Para esto se hacen en la base del terreno que se ha de desmontar excavaciones horizontales de trecho en trecho, y en estos intervalos se abren otras zanjas todo lo más profundas que sea posible en dirección perpendicular á las primeras, y cuando se juzga conveniente, según la consistencia del terreno, se introducen cuñas á mazo

por la parte superior del trozo que se quiere desmontar; la hinca de estas cuñas produce un sacudimiento ó conmoción en el terreno socavado por debajo y ocasiona el desprendimiento y caída del bloque de tierra, que no debe tener más de unos 3 metros de altura. De esta manera se puede producir el desprendimiento de masas de 20 á 30 metros cúbicos de una vez, que después se carga en carretones ó vagones.

Desmontes que se han de depositar en caballeros ó para préstamos.—El sistema para depósitos y préstamos consiste en la ejecución de un desmonte cuyas tierras se han de colocar en *depósitos* ó en *caballeros*, á uno ó en los dos lados del desmonte, ó se han de llevar á un terraplén que se ha de formar con ellas, es decir, de excavaciones ejecutadas á uno ó á los dos lados del terraplén. Si no pueden emplearse medios mecánicos para elevar las tierras excavadas á los depósitos ó á la formación de terraplenes, se transportan en carretillas, carros ó vagones, según la distancia del recorrido y condiciones del terreno por donde haya que hacer el transporte.

1.° *Ejecución de un desmonte empleando carretillas para el transporte de tierras.*—Siendo 30 metros la lengitud del recorrido por un plano horizontal, representa esta distancia la equivalencia á un recorrido de 20 metros por un plano inclinado con pendiente de $0^m,08$ por metro, y en este caso se habrán elevado las tierras $1^m,60$ á la extremidad del recorrido, altura que es la que corresponde al tiro vertical de la pala.

El terreno en que ha de hacerse la excavación se dividirá, en el sentido de su longitud, en trozos de 20 metros de largo, los que con su meseta horizontal de $1^m,50$ de ancho formarán cada uno un tajo ó corte. Este tajo comprenderá para cada 2 metros de ancho un cavador, que también cargará las carretillas si la tierra es floja, ó un cavador y un cargador si es bastante dura, para que estos dos hombres estén constantemente ocupados, mien-

tras un tercero conduce la tierra á una parada ó relevo. Como siempre debe haber en cada tajo una carretilla en carga, el número de carretillas para cada uno será igual al de los transportadores más 1. Si la excavación tiene 6 metros de ancho se formará un tajo compuesto de tres cortes elementales, y si el terreno es bastante fuerte ó duro para ser preciso, según lo expuesto anteriormente, un cavador y un espalador para uno que transporte, suponiendo las tierras conducidas á un relevo, el personal del tajo se compondrá de tres cavadores, tres espaladores y tres transportadores. Si el depósito de las tierras excavadas del desmonte no estuviera inmediato al borde del trozo que se excava, se añadiría el número de transportadores que fuese preciso.

Al principio se conducen las tierras al punto más lejano del sitio donde se ha de hacer el depósito de ellas; así resulta que, empezando la excavación cerca del borde próximo al depósito, la distancia del transporte, y por tanto el trabajo de los operarios que conducen las tierras, varía lo menos posible.

Con el primer corte de un tajo, dispuesto como antes se ha dicho, se excava una porción de terreno, cuyo espesor es nulo en el punto de partida, aumentando progresivamente hasta $1^{m},60$ á la distancia de 20 metros; después se extraen las tierras á esta profundidad en toda la extensión de la excavación, conservando sin cavar las rampas necesarias para poder extraerlas. En vez de hacer toda la excavación inclinada en los 20 metros de extensión que comprende, se pueden dejar las rampas de salida con la debida inclinación y hacer la cava con $1^{m},60$ de espesor uniforme. Cuando se ha profundizado hasta $1^{m},60$ se cava una segunda capa del mismo espesor, prolongando en ella las rampas de salida, á las que se les da las direcciones más convenientes para que el transporte transversal de las tierras resulte lo más ventajoso posible. Después se excava una tercera capa de tierra, y se continúa así sucesivamente hasta que se llegue con la excavación á la profundidad debida. Entonces se hacen desaparecer las rampas,

á las que se les dejó un ancho de $1^m,50$ próximamente para que los operarios dedicados al transporte de tierras puedan cruzarse con comodidad. Se puede, estableciendo las rampas convenientemente, disponer un corte cada 20 metros de longitud, de una misma capa de terreno, en vez de quitar toda la capa por el mismo tajo. En vez de hacer el desmonte por capas de $1^m,60$ de espesor puede ser conveniente, si la naturaleza del terreno cambia ó si hay temor de que el agua pueda invadir la excavación á una profundidad determinada, modificar el espesor.

Alguna vez, en lugar de hacer rampas en el desmonte, se establecen por medio de caballetes y tablones, sobre los que se clavan listones de trecho en trecho para facilitar el paso por encima. Por este medio se puede evitar hacer las rampas en el terreno, y se puede cavar completamente cada una de las capas de acometimiento del desmonte.

Para formar el terraplén, empleando la carretilla como medio de transporte, se procede también por capas de $1^m,60$ de altura, formando con las tierras rampas que tengan una inclinación de $0^m,08$ por metro, establecidas de modo que se eviten ó al menos se disminuyan los transportes transversales y las elevaciones verticales de las tierras. Del mismo modo que en el desmonte se puede dividir el trabajo en tramos de 20 metros de largo, dando á las rampas un ancho de 1 metro á $1^m,50$ y dispuestos tanto cuanto sea posible cerca del borde del terraplén, entre el talud natural de las tierras, que es próximamente de un metro de base por un metro de altura, y el talud definitivo, que es de ordinario de uno y medio de base por uno de altura.

Cualquiera que sea la disposición de las rampas, el transporte horizontal y transversal es siempre considerable y costoso; para evitarlo se ha recurrido á diferentes aparatos mecánicos, transformando este transporte horizontal en una elevación vertical.

2.° Las disposiciones que acabamos de describir pueden adoptarse también cuando los medios de transporte sean *carros* ó *ca-*

rretones, pero reduciendo la pendiente de las rampas á 0m,05 ó á 0m,06 por metro.

Desmontes.—Tiempo necesario para la ejecución de los desmontes en tierras vegetales ó terrenos de los llamados de acarreo; datos tomados de *El Arte de construir*, de J. Claudel y Laroque.

PARA UN METRO CÚBICO	HORAS empleadas en la cava por un operario.
Excavación en grandes trozos, teniendo á lo menos 2 metros de ancho en el fondo, sin entibación..	0,80
Excavación en trozos estrechos ó rigolas (canales), teniendo á lo menos 2 metros de ancho en el fondo, con la dificultad de una entibación.	0,90
Tiro á la pala ó carga á una distancia horizontal de 3 metros ó á una altura vertical de 1m,60 en regueros ó trozos que tengan al menos 2 metros de ancho en el fondo, sin entibaciones ni banquetas á los costados.......	0,50
Tiro á la pala ó carga con entibaciones y banquetas. . .	0,60
Tiro á la pala en carretilla, carretón ó carro, no excediendo de 1m,20 de altura..	0,40
Tiro á la pala ó carga en carretón ó en vagón, ó sobre berma ó banquetas de 2 metros de altura, en grandes trincheras	0,60

CANTIDADES MEDIAS DE DESMONTE QUE UN OPERARIO PUEDE CAVAR Y LANZAR LAS TIERRAS Á 1m,60 DE ALTURA, Ó CARGAR EN CARRETILLAS EN DIEZ HORAS DE TRABAJO Y EN GRANDES TRINCHERAS.

	Volumen excavado y lanzado ó cargado en diez horas.	DISTRIBUCIÓN DE LAS HORAS INVERTIDAS	
		En la cava.	En lanzar las tierras ó en la carga.
Tierra vegetal de diferentes clases (aluviones, arena, etc.).. .	$7^{m3},70$	$6^{h},25$	$3^{h},75$
Tierra margosa y arcillosa, medianamente compacta.	6 00	6 70	3 30
Tierra compacta, dura......	5 25	7 10	2 90
Tierra jabonosa..........	4 90	7 00	3 00
Tierra muy empapada en agua..	4 25	7 24	2 76
Toba (piedra esponjosa).....	2,38 á 2,85	8,40 á 8,70	1,60 á 1,30
Roca floja, yesosa, cavada al pico ó con cuña.	2 00	8 80	2 20

Si se quiere determinar por el volumen de un desmonte el que corresponda al que se pueda formar con las tierras excavadas, se añade al volumen que resulte de la excavación: 1.°, $^1/_3$ de este cubo por los taludes; 2.°, $^1/_3$ á $^1/_2$ por *hinchamiento* de las tierras (aumento de éstas después de cavadas).

Dinamita.—Empleando la dinamita, por efecto de su acción enérgica se desagregan perfectamente los terrenos duros.

Un agujero de 0^m,05 de diámetro, de 2 metros de profundidad, hecho de 4 en 4 metros de distancia, cargado con 250 gramos de dinamita núm. 3, y atacado con tierra en una altura de 1 metro, desagrega ó cuartea un terreno compacto hasta dos metros de profundidad. Se emplea también este procedimiento para desmontar el terreno en que hay raíces y troncos de árboles.

«Conviene, dice Alfredo Durand-Claye, empezar por limpiar el árbol ó la raíz gruesa, separando con el hacha las principales raíces laterales. Si la raíz no tiene dimensiones excesivamente grandes, basta un solo cartucho de dinamita con mecha Bickford.

»Se practica un barreno con un taladro alemán de 0^m,025 á 0^m,028 de diámetro, bien sea en el eje, al lado ó al través de la corona de las raíces, hasta el corazón del tronco. La carga es de 50 á 65 gramos de dinamita; si la raíz ó tronco es muy duro, se aumenta la carga hasta 100 ó 133 gramos; para troncos de más de 1 metro con fuertes raíces laterales, se perforan éstas y se las hace saltar aisladamente. En diez minutos, bloques nudosos de roble de 1 metro á 1^m,20 de diámetro pueden hendirse en 3 á 8 trozos, mediante un gasto que no excede próximamente de 28 á 40 pesetas.»

El profesor Heyne cita una excavación hecha en arcilla compacta por medio de la nitroglicerina. Se practica con una barrena un agujero de 3^m,80 de profundidad y 0^m,05 de ancho, en el cual se introducen 2.400 gramos de ese aceite explosivo; se echan después en el líquido trozos de guijarros, para repartir su acción

en una altura grande. Se obtiene de esta manera una masa de 200 metros cúbicos despedazada en todos sentidos, y el coste de la excavación no pasa de 0,12 pesetas por metro cúbico. Para mayores volúmenes resulta aún más económico el precio por unidad.

Arado.—Los americanos emplean el arado para las excavaciones.

Para ahuecar la tierra en las zanjas se emplea un arado grande que pueda abrir un surco de $0^m,30$ de profundidad; se limpia con la raedera, pudiendo llegar hasta una profundidad de $1^m,20$. El arado y la raedera están sucesivamente ligados á un poste de hierro, enganchándose á un vagón-plataforma y á un aparato de elevación colocado sobre el vagón.

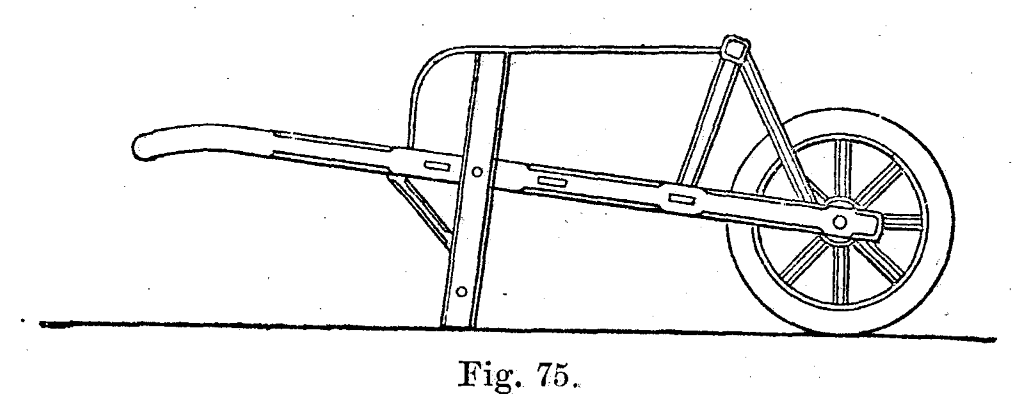


Fig. 75.

Transporte de tierras.—Este transporte se hace generalmente por medio del volquete ó carretón (figs. 80 á 83). Si el vehículo puede entrar en la excavación, se carga allí directamente; en caso contrario se cargan las tierras en carretillas, que se conducen hasta el volquete, y cuando no pueda tampoco entrar la carretilla hasta el mismo corte se cargan las tierras en cestos, en los que se conducen á hombro hasta el volquete.

Un volquete de una caballería puede cargar de medio metro cúbico á $0^{m^3},700$.

Un volquete de dos caballerías puede cargarse con $1^{m^3},200$ á $^1/_2$ metro cúbico.

Una carretilla tiene de cabida de $0^{mc},033$ á $0^{mc},050$. Un hombre puede conducir en un cesto $0^{mc},030$. A continuación presen-

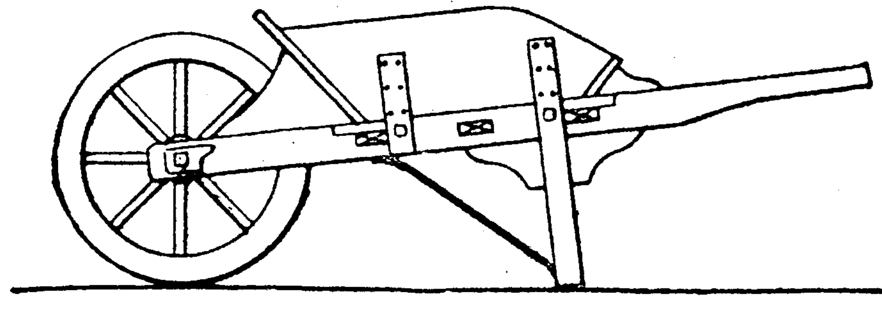


Fig. 76.

tamos los tipos de carretillas: la *francesa* (fig. 75) y la *inglesa* (figuras 76 y 77), para transporte de tierras.

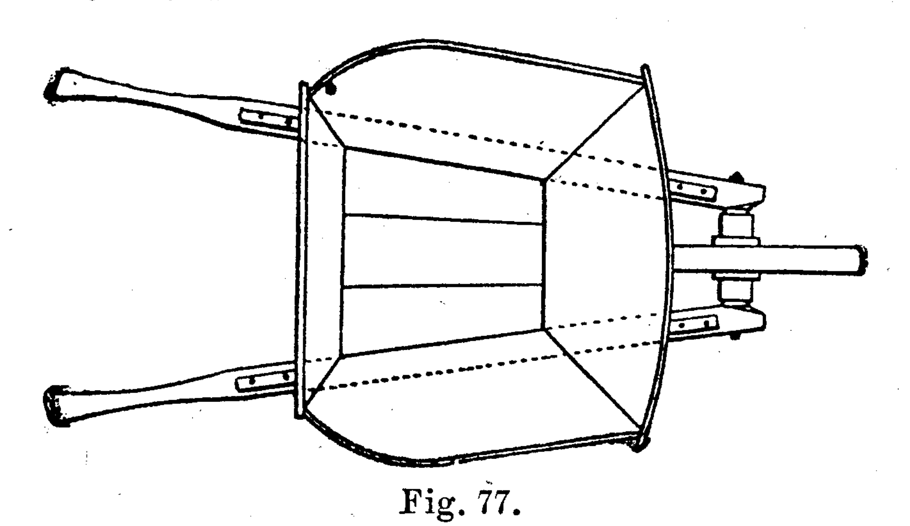


Fig. 77.

La figura 78 representa la carretilla con caja, y la figura 79 la carretilla con barrotes, para transporte de piedras.

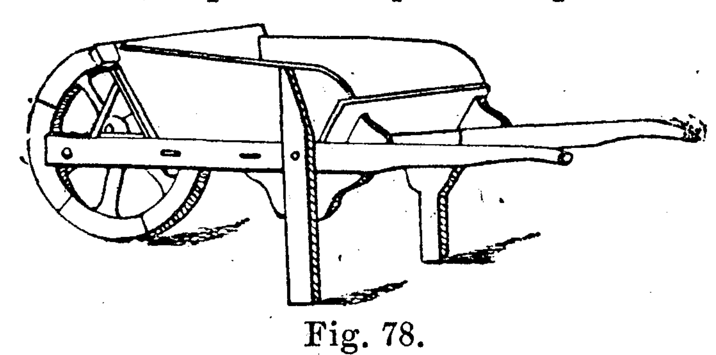


Fig. 78.

Un hombre puede lanzar con la pala, en una hora, á 4 metros de distancia, metro cúbico y medio de tierra.

Un hombre puede cavar y lanzar con la pala, en una hora, á $1^{m},80$ de altura, $0^{mc},750$ de tierra.

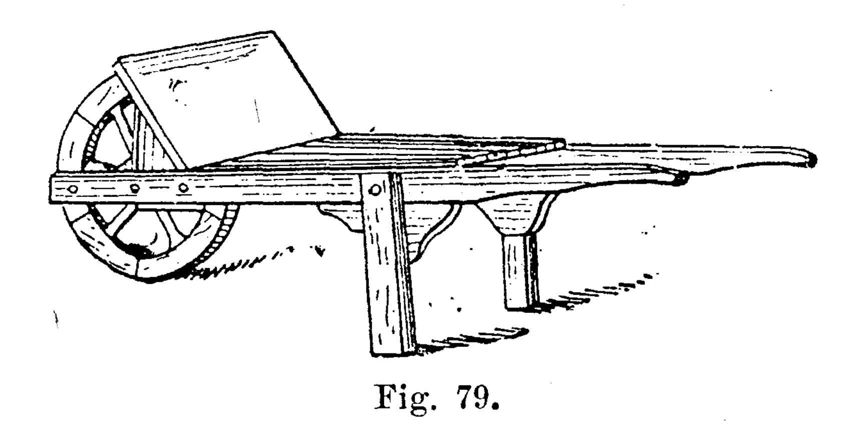
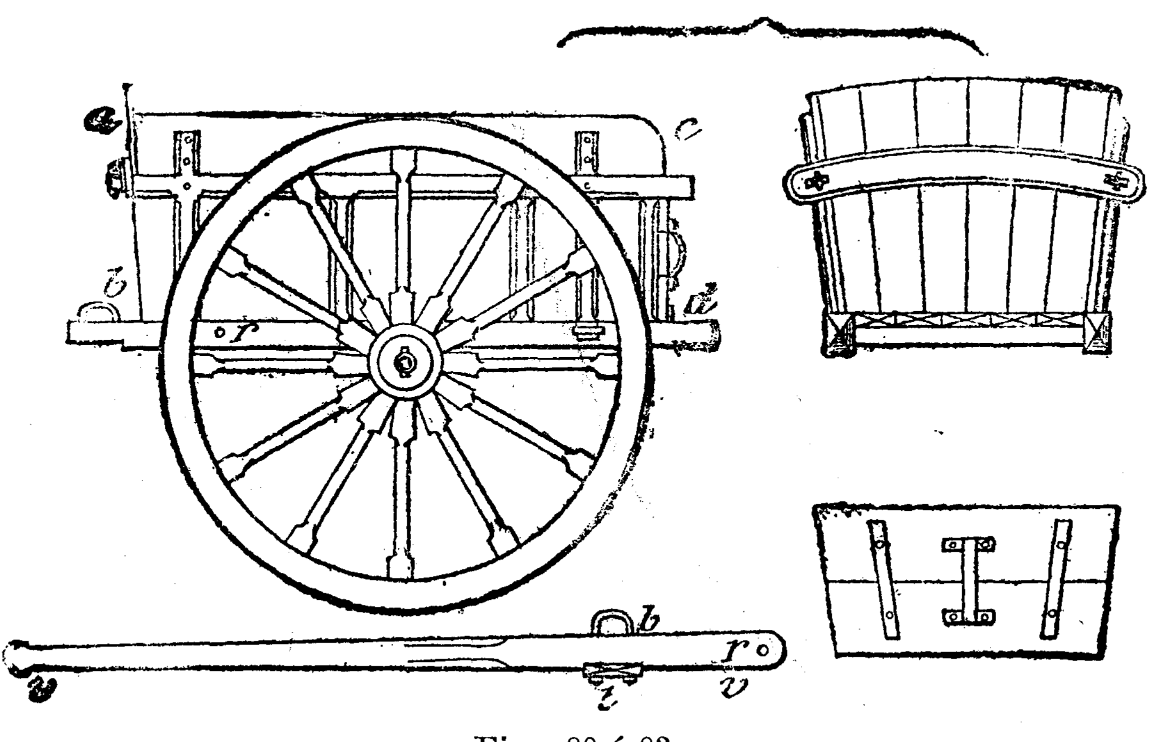


Fig. 79.

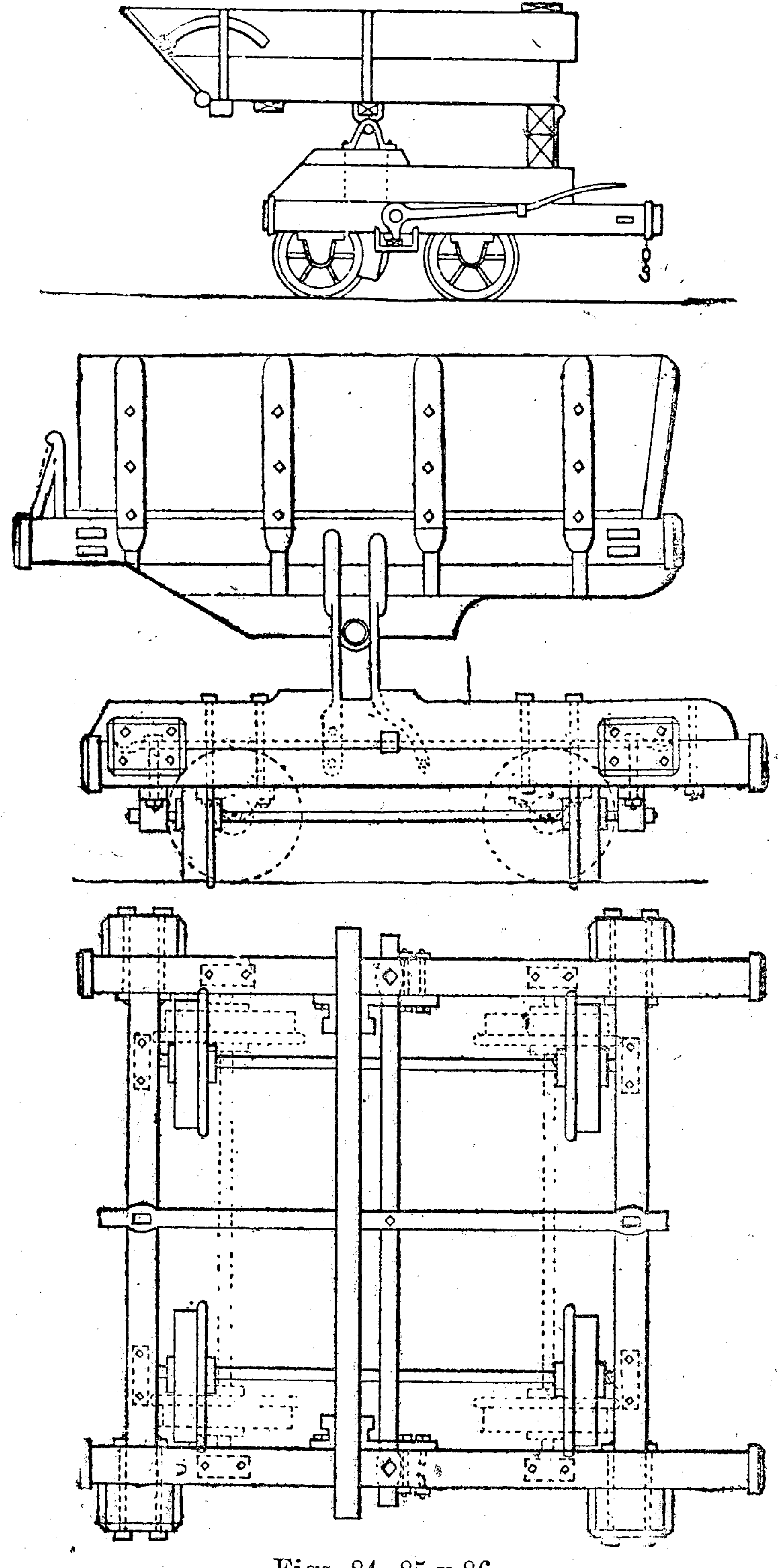
La figura 84 representa un tipo de vagón para movimiento de tierras dispuesto para bascular.



Figs. 80 á 83.

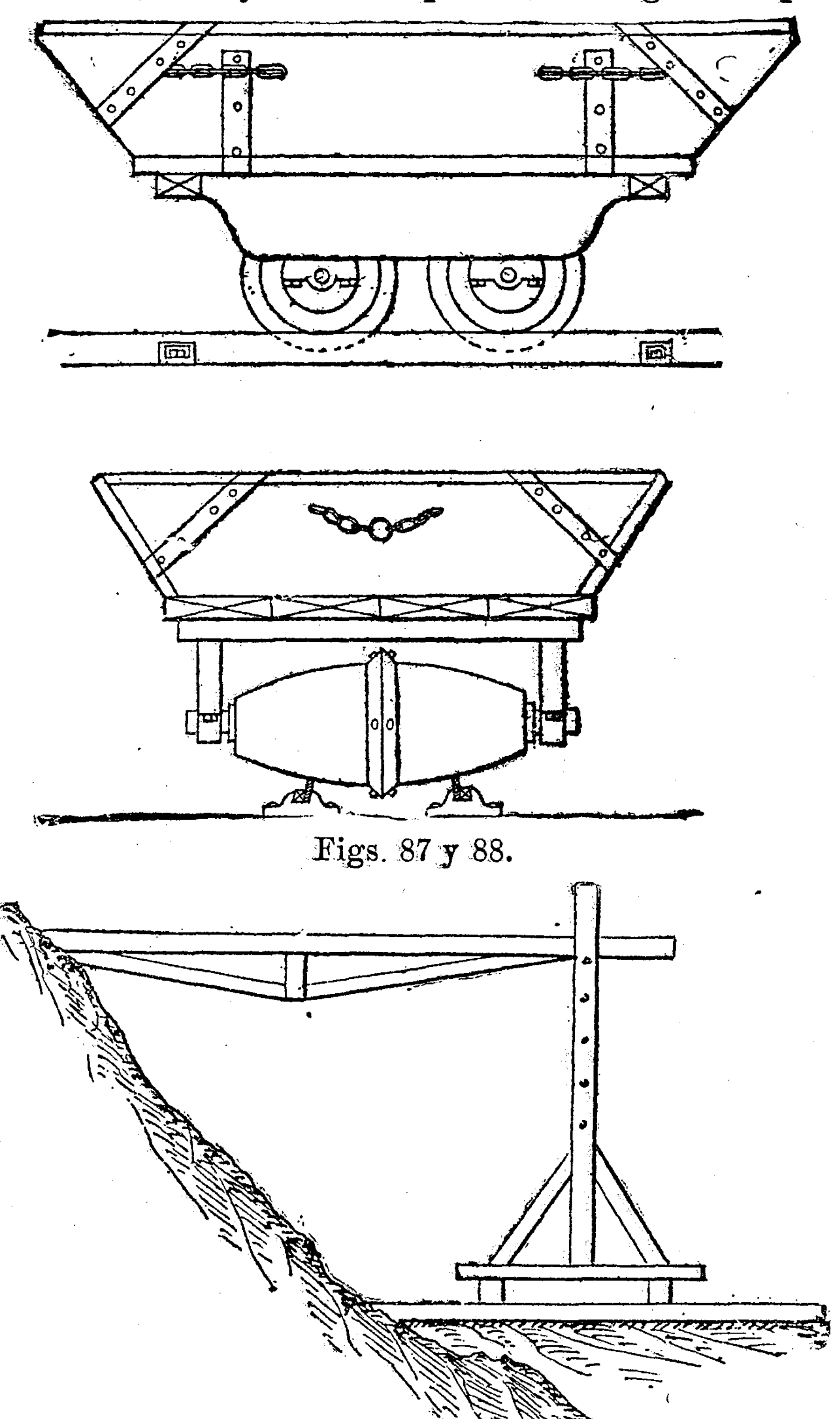
Las figuras 85 á 88 representan otros tipos ingeniosos de vagones para movimiento de tierras.

Para descargar las tierras puede emplearse un andamio de avance en el depósito ó terraplén donde paran los vagones para su descarga (fig. 89).



Figs. 84, 85 y 86.

Este andamio, ó mejor dicho aparato, análogo á un puente le-



Figs. 87 y 88.

Fig. 89.

vadizo, se coloca en prolongación del terraplén que se está construyendo.

Uno de sus extremos se apoya sobre la parte de terraplén construído, y el otro sobre un caballete ó castillete levantado sobre un carro que se coloca al pie de las tierras con que se va formando el terraplén. Los vagones se arrastran sobre el puente y se descargan en el avanzamiento del mismo. A medida que avanza el terraplén se hace avanzar el carro que conduce al castillete, avanzando también el puente.

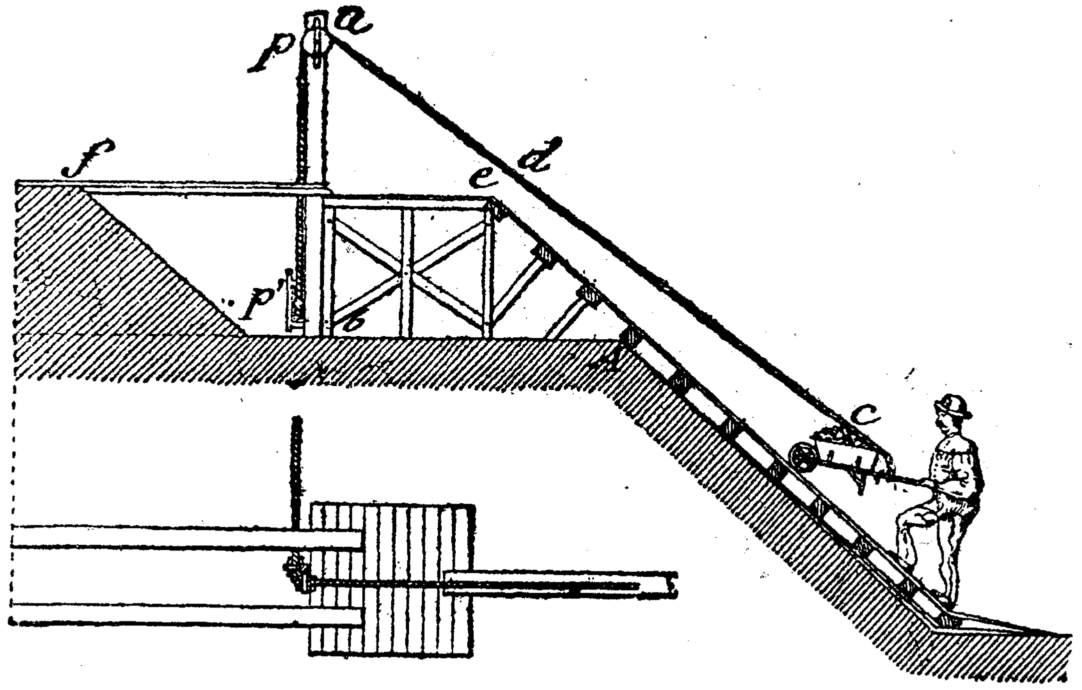


Fig. 90.

Este procedimiento se emplea principalmente para terraplenes grandes. La figura 90 representa una disposición conveniente para subir tierras ó materiales por un plano inclinado.

Se puede también combinar un sistema para subir tierras ó materiales por medio de cuerdas y de caballos.

El precio del transporte del metro cúbico de tierras con carretilla se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\frac{2pd}{1.000},$$

en la que d representa la distancia y p el precio del jornal del operario.

MEDIOS de transporte.	FÓRMULA que da en pesetas el coste del transporte del metro cúbico de tierras á la distancia media *d*.	LÍMITES de aplicación de las fórmulas.
Carretilla.	0,006 *d*.	12 m. (carretón). 61 m. (volquete). 40 m. (vagoneta).
Carretón.	0,05 + 0,0017 *d*.	417 m. (volquete). 135 m. (vagoneta).
Volquete con una caballería.	0,30 + 0,0011 *d*.	125 metros (vagón con caballerías).
Vagoneta y vía férrea portátil. — (Tracción con caballerías).	0,225 + 0,000412 *d* + 0,0000002 d^2. — (Vagoneta de $0^m,5$, vía de $0^m,60$.)	La vagoneta es siempre superior al carretón para las distancias prácticas. 695 metros (vagón de $1^m,5$).
Vagón y vía férrea (tracción con caballerías).	0,40 + 0.0003 *d* (vagón de $1^m,5$). 0,392 + 0,00021 *d* (vagón de 3 metros).	440 metros (locomotora).
Vagón y vía férrea (tracción con locomotoras de 20 toneladas).	0,44 + 0,000101 *d* + 0,000000017 d^2 (vagones de 3 metros).	»

El adjunto estado, tomado de los *Procedimientos y materiales de construcción* de A. Debauve, expresa el coste del transporte de 1 metro cúbico de tierra á la distancia *d*; indica también las distancias límites á partir de las que conviene emplear un sistema ó el siguiente, según el recorrido y volúmenes á transportar.

En las fórmulas se supone que el precio del jornal para mano

de obra es de 3 pesetas y que las vías se han establecido en rampas que no exceden de 0^{m},006 por metro; se supone que la amortización del material es de un 20 % al año, y deben aumentarse en un 15 % para gastos generales y beneficio del contratista.

Estos precios de coste se aplican á tierras cuyo aumento después de excavadas es insensible y cuya densidad es próximamente 1.500 kilogramos por metro cúbico. No son aplicables á los desmontes en roca.

Si los productos del desmonte que han de transportarse son cantos rodados, gravas ó guijarros, aun son aplicables las fórmulas anteriores, con tal que se apliquen á estos materiales estando quebrantados, porque en esas condiciones pesa el metro cúbico próximamente los 1.500 kilogramos.

Además, resultando la carga más difícil, debe aumentarse un sobreprecio de 0,20 pesetas por metro cúbico.

Un hombre no carga, poco más ó menos, más de 4 metros cúbicos de roca en trozos pesados cuando el vehículo está alto y 6 metros cuando el vehículo es bajo. Teniendo en cuenta el aumento de volumen del desmonte después de excavado, los ingenieros alemanes admiten que los precios de transporte deben mejorarse para los desmontes en roca en un 50 por 100 por metro cúbico.

Vagones y vagonetas con vía portátil [1].—Los verdaderos medios de transporte son por vagones con rodamen sobre vía férrea. Estos están llamados á sustituir á todos los demás. Hay numerosos tipos de vagones.

El vagón transportador, sistema *Decauville*, se mueve sobre una vía portátil compuesta de tramos de 5 metros, comprendiendo dos carriles Vignole con ancha sección, remachados sobre traviesas de acero. La vía tiene 0^{m},40, 0^{m},50 ó 0^{m},60 de ancho. El carril pesa 7 kilogramos por metro lineal.

[1] Véase Debauve, *Procedimientos y materiales de construcción.*

El peso de un tramo de 5 metros es de 90 kilogramos para una entrevía de $0^m,60$ y dos hombres le transportan fácilmente. Los carriles están unidos por remaches á las traviesas de acero, que en sus bordes tienen dos agujeros para fijarlas sobre tablones por medio de clavijas ó tirafondos, por si fuera necesario aumentar la superficie de apoyo sobre el suelo. Se establece la vía en una pequeña explanación de unos $0^m,05$ de profundidad, y cuando la tracción se hace con locomotora es preciso tender una capa de balastro.

La unión de los diferentes tramos de vía se hace sin pernos ni clavijas, sino simplemente poniéndolos uno á continuación de otro; uno de los extremos de los carriles, llamado extremo macho, lleva eclisas remachadas en un solo lado; colocando el extremo macho bajo la seta del carril, deja lugar para empalmar con el extremo hembra, obteniéndose una solidez tal que la vía puede levantarse entera sin que falte la unión. El montaje es, pues, de los más rápidos.

Un juego de curvas hacia derecha y otro hacia izquierda, de $1^m,25$ á $2^m,50$ de longitud, cambios de vía á derecha y cambios á izquierda, permite adaptar el trazado á las direcciones que se quiera darle, y empalmar con una vía otra ó varias, y un juego de agujas muy sencillo completa el sistema.

El vagón ó vagoneta que se emplea para los movimientos de tierras consiste en una caja que bascula, equilibrada sobre dos ejes y que de una vez vuelca su contenido. La caja es de palastro, de 5 milímetros; pero también algunas veces se hacen las cajas con los frentes de palastro, y el fondo y los costados de tablones atornillados á una armadura de hierro.

Se construyen también cajas, cuyo fondo es de rejilla, á propósito para el transporte de grava ó piedra machacada destinada á la fabricación del hormigón, pudiendo así hacerse en la misma caja el lavado de la piedra; en cada extremo de la armadura de la caja hay un gancho para el tiro de la caballería y un pasador

ó taco sobre un plano circular formado por una banda de acero. Las cajas destinadas á tracción por el hombre están montadas simplemente sobre una armadura rectangular.

Para vía de $0^{m},40$, la capacidad de la caja es de 250 á 300 litros, es decir, de cinco á seis veces la de una carretilla, y sin embargo, un solo obrero puede empujar esta caja con más velocidad y menos esfuerzo que emplearía con una carretilla. A una vía de $0^{m},50$ ó $0^{m},60$ corresponde un vagón de medio metro cúbico de cabida y una caja de $1^{m},20$, con una altura total de $1^{m},15$. Las ruedas son de fundición, con un diámetro de $0^{m},30$ en cojinetes de bronce y cajas de aceite que facilitan un engrase continuo. El peso del vehículo es de 310 kilogramos.

Con este sistema un obrero puede cargar la vagoneta que contenga de cabida 700 á 750 kilogramos de tierra, ó sea medio metro cúbico en doce minutos, y puede, con la velocidad de 1 metro por segundo, ejercer un esfuerzo continuo de 12 kilogramos; se podrá así empujar la vagoneta por una rampa de 5 milímetros. En los doce minutos que invierte un operario en cargar esta vagoneta pierde el que la conduce dos minutos en los extremos del recorrido, 600 metros, ó sea 300 de ida y otros 300 de vuelta. Esta será la longitud del relevo.

Si la distancia de transporte es mayor, se establece una vía de apartadero cada 300 metros; si la distancia es menor, será preciso colocar un obrero más para la carga y tener dispuestas otras varias á la carga.

Un solo operario puede transportar con este sistema 15 metros cúbicos á 300 metros, ó sea próximamente diez veces más que con una carretilla.

A una distancia de 60 metros, se cuentan siempre dos minutos de pérdida de tiempo por viaje; el operario que hace el transporte podrá efectuar 15 viajes por hora, y transportará 45 metros cúbicos al día; y si se supone que se paga 3 pesetas de jornal, el precio de coste del transporte de 1 metro cúbico será un cén-

timo y 1/3, que comparado con el del transporte en carretilla resultaría en ésta 36 céntimos.

Las vagonetas pueden ser arrastradas por caballerías. Una buena caballería puede producir un esfuerzo continuo de 55 kilogramos á la velocidad de 3.600 metros por hora; como el tren de vagonetas regresa vacío, se pueden reunir 5 vagonetas para el arrastre con una caballería, teniendo las 5 una cabida de 2,50 metros cúbicos. La caballería camina al lado de la vía, haciendo el tiro por medio de una cadena de $4^{m},50$ de longitud.

El tiempo perdido, tanto á la llegada como á la partida, no puede pasar de cinco minutos, ó sea diez minutos por viaje, tiempo que corresponde á un recorrido de 600 metros.

Se hará un viaje á la distancia d en $\frac{2d}{60}$ minutos; en un jornal de diez horas de trabajo, se tendrá:

$$\frac{600}{\frac{2d}{60}+10} \text{ ó } \frac{18.000}{d+300} \text{ viajes.}$$

El volumen transportado será de

$$\frac{18.000}{d+300}\,2,5 \text{ metros cúbicos.}$$

El gasto corespondiente será de 9 pesetas por cada caballería y su conductor, más 3 pesetas por un operario destinado á conservar la vía y ayudar á la descarga; gasto total, 12 pesetas.

A una distancia de 200 metros, se hará por 0,25 pesetas el transporte por vagoneta, que costaría el doble en volquete.

Pero es preciso añadir el interés y amortización de útiles y herramientas.

La vía recta de $0^{m},50$, con carriles de 7 kilogramos, cuesta 7 pesetas 25 céntimos metro lineal; es preciso añadir 4.764 pesetas

próximamente por curvas, cruzamientos, agujas, atalajes y cadenas de tracción, por 16 vagones de $0^m,50$ (á 220 pesetas uno), por útiles, reparaciones y piezas de recambio.

Los gastos de conservación y de amortización de la vía no pasarán de un 15 por 100 al año, y los del material de un 20 por 100. El transporte á la distancia *d* da una longitud de recorrido, y por lo tanto de vía, igual á 2*d*, y se tendrá para el gasto anual:

$$(0{,}15 \times 7{,}25 \times 2d + 0{,}20 \times 4.764) = (2{,}175\, d + 950) \text{ pesetas.}$$

Si se suponen doscientos cincuenta días de trabajo, el gasto diario del material de arrastre será:

$$0{,}0087\, d + 3 \text{ pesetas } 8.$$

El volumen transportado por día es:

$$\frac{18.000}{d + 300}\, 2{,}5.$$

Para una distancia de 200 metros, el precio por vagoneta sería de 0,33 pesetas en vez de 0,52 que resultaría para volquete. No es preciso en este caso emplear con la vagoneta la tracción con caballería, que da lugar á demasiada pérdida de tiempo.

A una distancia de 1.000 metros, el precio sería 0,837 de peseta por vagoneta y 1,40 pesetas por volquete.

Siendo 12.000 pesetas el gasto de adquisición del material para un kilómetro, podría pagarse con el importe de la economía obtenida en la ejecución de una trinchera de 20.000 metros cúbicos.

A las ventajas de la vía portátil es preciso añadir que una vagoneta de 500 litros es equivalente á 12 carretillas, y que los gastos de conservación y amortización del valor de éstas debe ser á lo menos igual á los de una vagoneta.

Vía férrea ordinaria con vagones para movimiento de tierras.—1.° *Tracción con caballerías* (1).—Un vagón para movimiento de tierras no tiene de duración más que unos tres años; si se tiene en cuenta el valor del herraje cuando se vuelve á vender, y se suponen 250 días de trabajo por año, el interés y la amortización deben contarse á razón de 0,75 pesetas por día de trabajo. La conservación y el engrase cuesta también á razón de 0,75 pesetas.

El coste resulta, por lo tanto, 1,50 pesetas para vagones de $1^{m},50$ á 3 metros de capacidad.

Siendo precisos seis minutos para conducir un vagón, descargarle y volverle á traer al punto de carga, se puede, por lo tanto, con una vía descargar á lo menos 10 vagones por hora y 100 á 120 en el día. Con dos vías se pueden descargar 180 á 210 vagones, y con tres vías 240 á 270. Lo que da, con vagones de 3 metros cúbicos, 650 á 700 metros cúbicos para total transportado. Serán precisos:

3 conductores (caballo y conductor á 8 pesetas).....	24 pesetas.
9 operarios, á 3 pesetas (3 operarios para cada vía)...	27 —
1 operario encargado de agujas, á 2 pesetas......	2 —
Total................	53 pesetas.

O sea próximamente 0,08 pesetas por metro cúbico.

Si no hubiere más que una vía, se contará 0,04 pesetas por metro cúbico. Con vagones de 1,50 de cabida, los precios del metro cúbico serán dobles.

Con la carretilla, un operario á quien se paguen 3 pesetas de jornal y que cargue 15 metros cúbicos por día, resulta la carga del metro cúbico á razón de 0,20 pesetas. En las trincheras abier-

(1) Sistema empleado para la ejecución de los movimientos de tierras en los caminos de hierro. Las vías que sirven para los vagones de movimiento de tierras son casi siempre vías provisionales y no las definitivas del camino de hierro.

tas de modo que puedan cargarse vagones es preciso añadir un sobreprecio de 0,05 pesetas siendo en desmontes pequeños, pudiendo llegar este sobreprecio á 0,25 pesetas en una trinchera importante.

A continuación se expresa el detalle del sobreprecio para una trinchera que dé un rendimiento de 600 metros:

	Por metro cúbico.
Gasto de apertura de cuneta ó zanja preliminar.	0,04 pesetas.
Caballerías para los vagones, operario encargado de agujas y vigilante, 24 pesetas por día.	0,04 —
Transporte á la distancia de un relevo de carretilla del cuarto á lo menos de los desmontes. Un relevo cuesta 0,16 pesetas por metro cúbico, de donde resulta un sobreprecio de.	0,04 —
Los operarios, á pesar de la vigilancia, no cargan más que 10 metros cúbicos en vez de 15, lo que aumenta en	0,10 —
Total del sobreprecio.	0,22 pesetas.

Para una trinchera grande es preciso contar por lo menos con 0,40 pesetas para la carga de un metro cúbico.

Si representamos por V el rendimiento diario de una trinchera, ó sea el número de metros cúbicos que se quieren cavar y transportar cada día por medio de vagones cuya capacidad sea v, tendremos que por día será preciso llevar $\frac{V}{v}$ vagones.

Si se ponen 4 hombres para cargar un vagón, cargan 40 metros cúbicos en diez horas, ó 4 metros cúbicos por hora, y por lo tanto tardan en cargar un vagón de capacidad v $\frac{60v}{4}$ minutos.

Será preciso un tren cada $\frac{60v}{4}$ minutos, ó durante un día (600 minutos), en diez horas de trabajo, $\frac{40}{v}$ trenes.

Cada tren deberá conducir un volumen de $\frac{Vv}{40}$ y estará compuesto de $\frac{V}{40}$ vagones.

Las caballerías arrastran los vagones con la velocidad de un metro por segundo ó de 60 metros por minuto. Si designamos por L la distancia de transporte, el recorido será 2L, y como cada $\frac{60v}{4}$ minutos debe llegar un tren vacío al desmonte para reemplazar el tren que sale cargado, los trenes deberán sucederse á un intervalo de tiempo igual á

$$60 \times \frac{60v}{4} \text{ minutos.}$$

El número de trenes en marcha será, pues:

$$\frac{2L}{\frac{60 \times 60v}{4}} \text{ ó } \frac{L}{450v},$$

y cada uno de ellos comprenderá $\frac{V}{40}$ vagones.

Se debe tener en cuenta además un 2 por 100 de vagones de recambio á causa de las reparaciones, lo que da un número total de vehículos:

$$1{,}2 \frac{V}{40} \left[2 + \frac{L}{450v}\right].$$

La distancia media de transporte d es la distancia entre el centro de gravedad de la trinchera y el centro de gravedad del terraplén. La mayor longitud L de un tajo se diferencia poco del doble de la distancia d.

Si se sustituye L por $2d$ y se multiplica el resultado por 1,50 pesetas, el gasto diario de los vagones será:

$$0^{pts},09\ V\left[1+\frac{d}{450v}\right].$$

No se puede enganchar á un tren más de tres caballerías con un conductor; el total representa un gasto de 24 pesetas.

El tren comprenderá 9 vagones de la capacidad de $1^m,50$, ó 6 vagones de 3 metros cúbicos; lo que da en el primer caso para la carga C $13^m,50$ y en el segundo caso 18 metros.

La longitud media recorrida en cada viaje es $2d$, y hay un tiempo perdido correspondiente á 600 metros. El convoy hará, pues, por cada día un número de viajes igual á $\frac{36.000}{2d+600}$ y transportará C veces el número de metros cúbicos para un gasto P.

De donde resulta que el gasto por metro cúbico será:

$$\frac{P\,(2d+600)}{C\times 36.000}.$$

El gasto de la vía es difícil de evaluar.

Los carriles cuestan, nuevos, de 200 á 230 pesetas la tonelada y se pueden volver á vender á 100 pesetas como de desecho. Una vía con carriles de 12 á 15 kilogramos costará de 5,28 á 6,60 pesetas por la adquisición del metro líneal de carril.

Las traviesas de $0^m,20$ por $0^m,12$ cubican $0^{mc},048$, y pueden adquirirse á 2 pesetas, y aun menos en ciertos países; pero para el cálculo será bueno suponer su coste á 3 pesetas, y en cuanto á su distribución, basta una por metro lineal de vía; añadiendo 1,50 pesetas por el asiento de la vía y accesorios, se llega á un gasto total de 10 pesetas ú 11,50 por metro lineal, para vías de 12 á 15 kilogramos.

Se cuenta por mudar la vía, interés y amortización del material un 25 por 100 al año; sea éste de 2,50 á 3 pesetas. Es preciso un peón conservador por kilómetro de vía, lo que representa

1 peseta más por metro lineal; por estos conceptos resulta recargado el coste en 3,50 á 4 pesetas.

Suponiendo para una longitud L ó $2d$ de recorrido del tajo una longitud total de vías de $3d$, se llega á un gasto anual de $12d$ por 250 días de trabajo, lo que representa 0,042 pesetas ó $0{,}048d$ por día.

Así, para un rendimiento diario V de 650 metros cúbicos, el coste por metro cúbico se deduce según la nota siguiente:

Descarga.................		$0^p{,}08$
Sobreprecio por carga.........		$0^p{,}20$
Gastos de depósito de vagones, $0{,}09\left(\frac{1+d}{450v}\right)$.	Con vagones de $1^m{,}50$...	$0^p{,}09 + 0{,}000135\,d$.
	Con vagones de 3 metros.	$0^p{,}09 + 0{,}000067\,d$.
Transporte, $\frac{P\,(2d+600)}{C \times 36.000}$.	Con vagones de $1^m{,}50$...	$0^p{,}03 + 0{,}0001\,d$.
	Con vagones de 3 metros.	$0^p{,}022 + 0{,}00007\,d$.
Gastos de la vía, $\frac{0^p{,}042}{V}\,d$ ó $\frac{0^p{,}048}{V}\,d$.	Con carriles de 12 kilogramos..	$0{,}000065\,d$.
	Con carriles de 15 kilogramos..	$0{,}000074\,d$.

El precio de coste del transporte de 1 metro á la distancia d será:

1.° Con vagones de $1^m{,}50$ y carriles de 12 kilogramos,

$$0^p{,}40 + 0{,}0003\,d.$$

2.° Con vagones de 3 metros y carriles de 15 kilogramos,

$$0^p{,}392 + 0{,}00021\,d. \qquad (1)$$

Estas fórmulas se aplican á un rendimiento considerable y á grandes trincheras.

Si se quisiera moderar el rendimiento útil ó avance del trabajo, estableciendo una sola vía para la carga y la descarga, con un solo tren en marcha (bien con 6 vagones que den 18 metros cú-

bicos ó bien un material de 22 vagones de 33 pesetas de coste por día), se deduciría el gasto del modo siguiente:

Descarga.	0,04
Sobreprecio por carga.	0,10
Gasto de la vía.	$0{,}00000012\ d^2 + 0{,}00004\ d$
Idem del depósito de vagones. .	$0{,}0305 + 0{,}000102\ d$
Coste de transporte	$0{,}022 + 0{,}00007\ d$
(2) *Total*.	$0{,}20 + 0{,}000212d + 0{,}00000012d^2$

Comparando las fórmulas (1) y (2), de las que la primera es aplicable á grandes trincheras y á un gran rendimiento de trabajo diario, mientras que la segunda es para pequeñas trincheras, en las que no se emplea más que un solo tren en marcha con vagones cargados, resultan los precios por metro cúbico que á continuación se expresan, deduciéndose el precio de trasporte por vagoneta y por volquete para el metro cúbico:

DISTANCIAS MEDIAS	500 metros.	1.000 metros.	1.500 metros.	2.000 metros.
	Pesetas.	*Pesetas.*	*Pesetas.*	*Pesetas.*
Transporte en vagón con caballerías para grandes trincheras y gran rendimiento útil	0,497	0,602	0,707	0,812
Transporte en vagón con caballerías para pequeñas trincheras y rendimiento útil limitado..	0,336	0,532	0,788	1,104
Transporte con vagoneta, vía portátil.	0,49	0,84	1,28	1,84
Transporte con volquete..	0,80	1,40	1,80	2,30

Este cuadro demuestra que el empleo de la vagoneta con vía estrecha ó vía pequeña es ventajoso mientras que la distancia media no excede de 900 á 1.000 metros. Para mayores distancias conviene el vagón.

Las fórmulas del precio del transporte usadas en las compañías de los caminos de hierro, en las que se incluye el beneficio de los contratistas, parecen deducidas considerando los vagones con una capacidad de $1^m,50$. El camino de hierro del Estado en Francia da:

$$0,55 + 0,0005\, d.$$

La Compañía del Norte de Francia fija: $0,57 + 0,0003\, d$ para el transporte en rampas menores de 0,006 y $0,57 + 0,0006\, d$ para el transporte en rampas mayores de 0,006.

2.° *Tracción con locomotoras.*—Cuando se utilicen locomotoras para el transporte, es preciso que los vagones tengan por lo menos 3 metros cúbicos de capacidad. No se aplica este procedimiento sino en grandes trincheras ó cuando es preciso dar un gran impulso al trabajo.

Supongamos que se emplea una máquina de 20 toneladas y que cuesta 40.000 pesetas.

La velocidad de una máquina destinada á los arrastres de movimiento de tierras, teniendo que circular por vías imperfectas, no debe pasar de 10 á 12 kilómetros por hora, ó sea una velocidad de 3 metros por segundo. El tiempo perdido á la salida en cada uno de los extremos del recorrido, debido á las maniobras, se calcula en 10 minutos. Luego en cada viaje hay una pérdida de tiempo de 20 minutos.

Si el trabajo ó avance de las obras no es apremiante, pueden bastar dos trenes: uno en la carga y otro en marcha ó á la descarga.

Una locomotora destinada al movimiento de tierras no dura en buen estado más de siete años; para el interés, amortización y conservación, se considera el 25 por 100 del precio de compra, ó sea 10.000 pesetas por año para las locomotoras de 20 toneladas. El gasto diario de estas locomotoras se obtiene del modo siguiente:

	Pesetas.
1 maquinista.	10
1 fogonero ó ayudante de maquinista.	4
2 guardafrenos ó engrasadores.	6
1 guarda de noche.	4
Alimentación de agua.	1,50
1.500 kilogramos de combustible, á 40 pesetas tonelada. .	60
Engrases, algodones y estopa.	3
Interés, amortización y conservación.	40
Total.	128,50

Siendo d la distancia media de transporte, el gasto anual de la vía por 250 días de trabajo será 15 d ó 0,06 d pesetas por día.

En una vía cuyas rampas no excedan de 5 á 6 milímetros por metro la máquina de 20 toneladas puede arrastrar 23 vagones, ó sea 69 metros cúbicos.

Siendo la velocidad de 3 metros por segundo ó 180 metros por minuto, y 20 minutos el tiempo perdido en cada viaje, este tiempo corresponde á un recorrido de 3.600 metros.

La máquina efectúa 104.000 en 10 horas.

El número de viajes será, por lo tanto, de

$$\frac{104.000}{2d + 3.600} \text{ á la distancia } d,$$

y el volumen transportado V ascenderá á

$$\frac{104.000 \times 69}{2d + 3.600}.$$

Habrá 23 vagones en marcha y 23 en cada tajo ó extremos de carga y descarga, más 20 por 100 de reserva, ó sea una existencia de 85 vagones, costando por día

$$85 \times 1^{\text{pts}},50 = 130 \text{ pesetas próximamente.}$$

Este gasto, dividido por el volumen V, da por metro $0^{pts},07 + 0,000036d$.

El transporte propiamente dicho consume 125 pesetas diarias, que repartidas en el volumen V dan por metro cúbico $0,063 + 0,000035d$. Por lo tanto, resulta como resumen de los gastos lo siguiente:

Gastos de carga.	0,08	
Sobreprecio para la carga. . . .	0,22	
Gastos del parque de vagones. .	0,07	$+ 0,000036d$
Gastos de la vía.	$0,000030d$	$+ 0,000000017d^2$
Gastos de tracción.	0,063	$+ 0,000035d$
Total.	$0,44 + 0,000101d + 0,000000017d^2$	

Esta fórmula no debe aplicarse más que para distancias mayores de 4 á 5 kilómetros, y deben aumentarse los resultedos en un 15 por 100 para comprender el beneficio y gastos generales del contratista.

En los supuestos que preceden, el rendimiento útil de obra diaria sería de 1.242 metros cúbicos á 1.000 metros, 897 metros cúbicos á 2.000 metros, 759 metros cúbicos á 3.000 metros y 631 metros cúbicos á 4.000 metros.

La Compañía del camino de hierro del Norte de Francia emplea las siguientes fórmulas para obtener el precio del transporte con máquina:

En recorrido por rampas menores de $0^m,006$.. .	$0^{fr},72 + 0,00015d$
— — mayores — .. .	$0\ ,72 + 0,00025d$

Por una rampa de 0,015, la máquina de 20 toneladas no arrastraría más que 13 vagones, ó sea 39 metros cúbicos cada tren. El precio del transporte por metro cúbico sería entonces

$$0,49 + 0,0001525d + 0,00000003d^2;$$

de donde resulta, para transportes de 1.000 á 2.000 metros, 0,68 y 0,92 francos.

Precios de excavaciones y transportes en Madrid.

NÚM. 1.—MOVIMIENTO DE TIERRAS. MANO DE OBRA.

N.º de orden.				NATURALEZA DE LA OBRA	Obra ejecutada en diez horas. . . .	IMPORTE del metro cúbico.	OBSERVACIONES
					M3		
1	Explanación y desmonte.			Excavación en tierra floja	7.70	0,13 J	J = jornal del operario.
				Idem íd. compacta.	5,00	0,20 J	
				Idem íd. muy dura.	2,40	0,42 J	
				Idem en roca floja removida con picos ó barras.	2,00	0.50 J	
		Transporte de tierras.		Carga en cestos ó espuertas.	16,00	0,062 J	
				Idem en canastillas.	15,00	0,066 J	
				Idem en carro ó volquete.	12,00	0,083 J	
			Conducción.	En cestos ó espuertas.	»	0,0053 JD	D = distancia de la conducción.
				En carretillas de 0,033 por camino horizontal.	»	0,002 JD	
				Idem por rampa de $^1/_{12}$	»	0,036 JH	H = altura.
				En carro ó volquete de 0,75 en horizontal.	»	0,00008 J'D	J' = jornal del carro y del conductor.
				Idem íd. por rampa de $^1/_{20}$.	»	0,0024 J'H	
				Descarga.	»	0,0044 J'	
				En sentido vertical, con pala, por pisos de 1,65.	12,00	0,083 J	
				Idem íd , con torno y espuerta ó cesto, de 0,033 metros cúbicos á 5 metros de altura.	14,00	0,364 J	Se suponen 5 operarios.

N.º de orden.	NATURALEZA DE LA OBRA			Unidad de obra. . . .	Obra ejecutada en diez horas.. . .	JORNALES — Pesetas.	IMPORTE de la unidad en Jornales	IMPORTE de la unidad en Pesetas.
2	Vaciado de sótanos.	Hasta 2 metros de profundidad .	Excavación.	m^3	5,50	2,00	0,18	0,36
			Elevación y extracción de tierras hasta el punto de carga.	m^3	»	2,00	0,12	0,24
			Carga.	m^3	16,60	2,00	0,06	0,12
			M.	m^3			0,36	0,72
		Hasta 3 metros de profundidad. .	Excavación	m^3	5,50	2,00	0,18	0,36
			Elevación y extracción de tierras hasta el punto de carga.	m^3	»	2,00	0.25	0,50
			Carga.	m^3	16,60	2,00	0,06	0,12
			M	m^3			0,49	0,98
3	Vaciado de zanjas para cimientos.. . .		Excavación á un metro de profundidad.	m^3	4,00	2,00	0,25	0,50
			Elevación y conducción de las tierras en carretilla hasta el punto de carga.	m^3	»	2,00	0 10	0,20
			Carga..	m^3	16,00	2,00	0,06	0,12
			M.	m^3			0,41	0,82
		Se aumentará el precio obtenido. .	Si la conducción de tierras se hiciera en cesto ó espuerta.	»	»	»	0,04	0,08
			Por cada metro que aumente la profundidad.	»	»	»	0,125	0,25
			Si hubiese acodalamientos.	»	»	»	0,062	0,125
4	Pozos, registros y minado de alcantarillas.		Excavación..	m^3	1,43	2,00	0,70	1,40
			Transporte con cestos ó espuertas y elevación de las tierras..	m^3	»	3 × 2,00	0,062	0,37
			M.	m^3			0,762	1,77

Núm. 2.—Movimiento de tierras. Ejecución material.

Número correspondiente á M.	Naturaleza de la obra y materiales que se emplean para su ejecución		Unidad de densidad.	Importe de la unidad.	Desembolso por unidad — Pesetas.
1	Explanación en terreno de mediana dureza.	M..	m³	0,40	0,40
		Transporte..	m³	2,00	2,00
		E.	m³	»	2,40
2	Vaciado de sótanos..	Hasta dos metros de profundidad: M.	m³	0,72	0.72
		Transporte.	m³	2,00	2.00
		E.	m³	»	2,72
3		Hasta tres metros de profundidad: M.	m³	0,98	0,98
		Transporte.	m³	2,00	2,00
		E..	m³	»	2.98
4	Vaciado de zanjas para cimientos.	Hasta un metro de profundidad: M..	m³	0.82	0,82
		Transporte..	m³	2,00	2,00
		E	m³	»	2,82
	(Se tendrán presentes las modificaciones á que está sujeto el sumando M de este precio, según se indicó en el estado general.)				
5	Pozos, registros y minado de alcantarillas..	M..	m³	1,77	1,77
		Espuertas, tiros y aceite..	»	0,25	0,25
		Transporte.	m³	2,00	2,00
		E.	m³	»	4,02

NÚM. 3.—MOVIMIENTO DE TIERRAS. PRECIO DE TODO COSTE.

NÚMERO de orden.	NATURALEZA DE LA OBRA		UNIDAD de medida.	IMPORTE — Pesetas.
1	Explanación.	En terrenos de mediana dureza.	m^3	2,40
2	Vaciado de sótanos.	Hasta 2 metros de profundidad.	m^3	2,72
3		Hasta 3 metros de ídem.	m^3	2,98
4	Zanjas de cimientos sin acodalamientos.	Á 1 metro de profundidad.	m^3	2,82
»		Á 2 metros de ídem.	m^3	3,10
»		Á 3 metros de ídem.	m^3	3,25
»	Zanjas de cimientos con acodalamientos.	Á 1 metro de profundidad.	m^3	2,82
»		Á 2 metros de ídem.	m^3	3,20
»		Á 3 metros de ídem.	m^3	3,40
5	Pozos, registros y minado para alcantarillas.	Á la profundidad máxima de 10 metros.	m^3	4,02

El coste de mano de obra es una relación entre el importe de los jornales invertidos para ejecutarla y la cantidad de ésta expresada en una unidad definida.

Sea: O, la obra ejecutada en 10 horas;
J, el importe del jornal ó jornales que se abonan por la obra ejecutada durante H horas de trabajo diario;
M, el coste de la mano de obra.

Con estos datos se establece la fórmula siguiente:

$$\frac{J}{\frac{O}{10}h} = M \text{ ó } \frac{1}{O} J \frac{10}{h} = M.$$

Admitiendo que h sea igual á 10 horas, y haciendo $\frac{1}{O} = m$, resulta: $mJ = M$.

De esta fórmula nos valdremos para expresar el coste M de la mano de obra en función de la cantidad de ésta, realizada durante 10 horas de trabajo, y del importe J de los jornales abonados para su ejecución.

Aumento de volumen de las tierras excavadas de los desmontes.—Un metro cúbico de excavación produce un aumento de volumen según la naturaleza del terreno é indica el siguiente cuadro:

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	VOLUMEN DE LOS DESMONTES	
	Sin compresión y medidos cinco días de hecha la excavación.	Comprimidos al máximum con un pisón ó con el agua.
	m. c.	*m. c.*
Tierra vegetal de diversas especies (aluviones, arenas)	1,10	1,05
Tierra franca muy grasa	1,20	1,07
Tierra margosa ó arcillosa medianamente compacta	1,50	1,30
Tierra margosa y arcillosa muy compacta ó muy dura	1,70	1,40
Tierra ó piedra de la naturaleza del lápiz (pizarras)	1,20	1,10
Toba dura ó medianamente dura	1,55	1,30
Roca desmontada á barreno reducida á trozos ó mampuestos	1,65	1,40

Terraplenes.—Antes de hacer los terraplenes se iguala bien el terreno sobre el que han de ejecutarse, retirando á un lado la tierra de buena calidad, y se da un pase con el arado, á fin de facilitar la unión de las tierras con el suelo; después se va formando el terraplén por capas de $0^m,20$, bien apisonadas con un pisón de madera ó apretadas con un rodillo compresor. Después de bien apisonada una capa, se la riega y se coloca encima otra segunda capa del mismo espesor ($0^m,20$), que se apisona y riega también, continuando así sucesivamente.

Si se deben cargar los terraplenes, es preciso regarlos hasta que no absorban más agua, apisonarlos en seguida y apoyar las cargas sobre bases extensas.

Si los terraplenes están hechos con tierras arenosas ó grava basta regar bien las diferentes capas.

En los terrenos bastante consistentes se da al talud una inclinación de 45°, y para tierras poco consistentes deberá disminuirse esa inclinación en una mitad más.

Cuando se han terminado y nivelado los terraplenes y sus taludes, se extiende por encima la tierra de buena calidad que se separó á un lado antes de comenzar el terraplén, comprimiéndola con una azada. Hasta una distancia de 90 metros se emplea la carretilla; para mayor distancia, el carretón ó volquete. Cuando la distancia pasa de 500 metros se emplean carriles en vía estrecha. Un metro cúbico de tierra franca pesa 1.400 kilogramos; cada volquete puede contener 1.000 kilogramos de tierra franca, ó sea $0^{mc},7$.

Un operario puede cargar en un volquete de 10 á 12 metros cúbicos por día de jornal.

Revestimientos.—Los revestimientos consisten en fábricas de mampostería con piedra en seco ó con mortero, incrustados en el talud que se trata de consolidar. Las piedras de los costados del revestimiento se colocan en retirada por hiladas;

El coste de mano de obra es una relación entre el importe de los jornales invertidos para ejecutarla y la cantidad de ésta expresada en una unidad definida.

Sea: O, la obra ejecutada en 10 horas;
J, el importe del jornal ó jornales que se abonan por la obra ejecutada durante H horas de trabajo diario;
M, el coste de la mano de obra.

Con estos datos se establece la fórmula siguiente:

$$\frac{J}{\frac{O}{10}h} = M \text{ ó } \frac{1}{O} J \frac{10}{h} = M.$$

Admitiendo que h sea igual á 10 horas, y haciendo $\frac{1}{O} = m$, resulta: $mJ = M$.

De esta fórmula nos valdremos para expresar el coste M de la mano de obra en función de la cantidad de ésta, realizada durante 10 horas de trabajo, y del importe J de los jornales abonados para su ejecución.

Aumento de volumen de las tierras excavadas de los desmontes.—Un metro cúbico de excavación produce un aumento de volumen según la naturaleza del terreno é indica el siguiente cuadro:

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	VOLUMEN DE LOS DESMONTES	
	Sin compresión y medidos cinco días de hecha la excavación.	Comprimidos al máximum con un pisón ó con el agua.
	m. c.	*m. c.*
Tierra vegetal de diversas especies (aluviones, arenas)	1,10	1,05
Tierra franca muy grasa	1,20	1,07
Tierra margosa ó arcillosa medianamente compacta	1,50	1,30
Tierra margosa y arcillosa muy compacta ó muy dura	1,70	1,40
Tierra ó piedra de la naturaleza del lápiz (pizarras)	1,20	1,10
Toba dura ó medianamente dura	1,55	1,30
Roca desmontada á barreno reducida á trozos ó mampuestos	1,65	1,40

Terraplenes.—Antes de hacer los terraplenes se iguala bien el terreno sobre el que han de ejecutarse, retirando á un lado la tierra de buena calidad, y se da un pase con el arado, á fin de facilitar la unión de las tierras con el suelo; después se va formando el terraplén por capas de 0^{m},20, bien apisonadas con un pisón de madera ó apretadas con un rodillo compresor. Después de bien apisonada una capa, se la riega y se coloca encima otra segunda capa del mismo espesor (0^{m},20), que se apisona y riega también, continuando así sucesivamente.

Si se deben cargar los terraplenes, es preciso regarlos hasta que no absorban más agua, apisonarlos en seguida y apoyar las cargas sobre bases extensas.

Si los terraplenes están hechos con tierras arenosas ó grava basta regar bien las diferentes capas.

En los terrenos bastante consistentes se da al talud una inclinación de 45°, y para tierras poco consistentes deberá disminuirse esa inclinación en una mitad más.

Cuando se han terminado y nivelado los terraplenes y sus taludes, se extiende por encima la tierra de buena calidad que se separó á un lado antes de comenzar el terraplén, comprimiéndola con una azada. Hasta una distancia de 90 metros se emplea la carretilla; para mayor distancia, el carretón ó volquete. Cuando la distancia pasa de 500 metros se emplean carriles en vía estrecha. Un metro cúbico de tierra franca pesa 1.400 kilogramos; cada volquete puede contener 1.000 kilogramos de tierra franca, ó sea 0^{mc},7.

Un operario puede cargar en un volquete de 10 á 12 metros cúbicos por día de jornal.

Revestimientos.—Los revestimientos consisten en fábricas de mampostería con piedra en seco ó con mortero, incrustados en el talud que se trata de consolidar. Las piedras de los costados del revestimiento se colocan en retirada por hiladas;

los revestimientos, que se hacen separados 15 metros de uno á otro, tienen en la base 3 metros de ancho y en su parte superior 2.

Revestimientos con arcadas son aquellos que se unen entre sí con arcos de mampostería, según se indica en la figura 91.

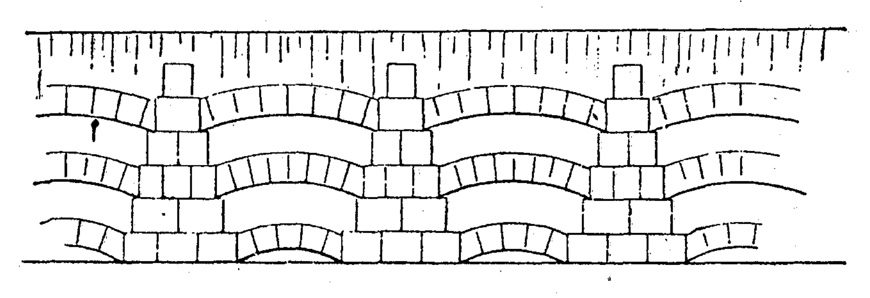


Fig. 91.

Fundaciones en un buen suelo. Muros de fundación. Basamento.—Cuando en las excavaciones se haya llegado á terreno firme sin haber encontrado agua, después de haber nivelado y amaestrado perfectamente el fondo del terreno se hace una excavación de poca altura, en la que se construye directamente la mampostería sobre una *capa* de mortero bien extendida, á fin de repartir uniformemente las presiones.

Si la mampostería se construye con mampuestos irregulares ó que tengan lechos de cantera, es preciso escoger para la parte inferior las piedras más grandes y más resistentes, enlazarlas y golpearlas con el martillo para que asienten bien y se impregnen en el mortero. Una vez construída la primera hilada, se la recubre con una capa de mortero, sobre la que se coloca de la misma manera, y siempre enrasando, la segunda hilada, cruzando las juntas con las de la primera hilada; así se continuará hasta que se llegue con la fábrica de mampostería á $0^{m},10$ ó $0^{m},15$ por debajo de la superficie del terreno exterior.

La fábrica de fundación no debe elevarse más que hasta $0^{m},40$, y algunas veces $1^{m},25$, por debajo del nivel del terreno exterior, á fin de resguardarla de los efectos de las heladas; sin embargo,

si hubiese avenidas de agua imposibles de evitar, debe quedar el *suelo de las excavaciones* $0^m,30$ por encima de la capa de agua más elevada. En las construcciones corrientes los muros tienen $0^m,65$ de espesor.

Al pie de los muros se hace una cuneta de $0^m,20$ á $0^m,50$ de altura que se rellena de hormigón. El *basamento* tiene ordinariamente $0^m,075$ á $0^m,10$ más que el espesor del muro en su elevación, formándose así el zócalo con un retallo saliente (fig. 92); este zócalo ha de elevarse sobre el terreno por lo menos $0^m,50$. Los *muros medianeros* y los *divisorios* tienen lo mismo en su parte inferior un basamento ó zócalo, dejando un retallo de $0^m,10$ á $0^m,12$ sobre el paramento de la elevación del muro.

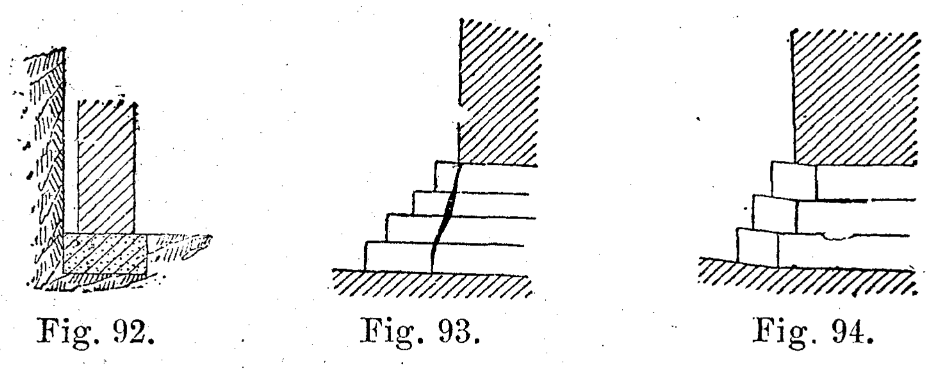


Fig. 92. Fig. 93. Fig. 94.

Este basamento reparte en una superficie mayor el peso de la fábrica que se levanta sobre él, lo que disminuye la compresión vertical del suelo.

No debe haber ninguna junta fuera del paramento de la mampostería superior, á no ser en el caso de que el basamento ó zócalo esté formado por varias hiladas; todas las piedras deben penetrar en la obra por lo menos $0^m,10$. De otro modo los basamentos no recibirían el peso de la mampostería superior, resultando inútiles (fig. 94). El saliente ó retallo de cada hilada respecto de la que le sigue debe calcularse después de conocido el peso de la mampostería ó fábrica que ha de constuirse encima; si esos salientes fueran demasiado grandes, el peso hendiría el basamento (fig. 93). Cuando se elevan grandes masas de fábrica es conveniente no dar más que un pequeño retallo á las

hiladas del basamento y colocar el paramento ligeramente oblicuo ó construirle en forma de escalera, cuyos peldaños tuvieran muy poca huella.

Los basamentos de ladrillo se hacen por hiladas escalonadas; en el paramento no deben presentarse más que anchos de medio ladrillo puesto de plano á tizón; el saliente de unas á otras hiladas no debe pasar de un cuarto del ancho del ladrillo, salvo el caso en que los muros no tengan más que $0^{m},22$ de espesor.

Si se continúa el zócalo ó basamento en toda la longitud de la construcción ó del edificio, es preciso que todas las hiladas se formen con doble fila de ladrillos, cuyos tizones, ó sea la mayor longitud, se coloquen hacia el cuerpo del muro, poniéndolos encima de los colocados á soga para su enlace, formando éstos la hilada inferior (fig. 95).

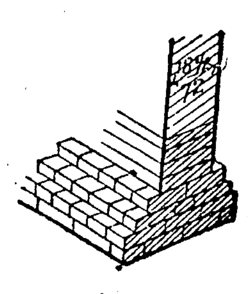


Fig. 95

Nunca se debe asentar un muro sobre un plano inclinado; cuando el terreno de asiento es de buena calidad y no es horizontal, se escalona dando á los escalones de $0^{m},30$ á $0^{m},50$ de altura.

Cuando se hace esto resulta variable la altura del muro de uno á otro escalón, los asientos son desiguales y pueden resultar rompimientos y grietas en los macizos. Es preciso evitar estos asientos, dejando toda la parte inferior del muro al nivel del escalón más alto por medio de fábrica de mampostería bien resistente y perfectamente enlazada.

Para *pilares aislados*, que han de soportar grandes cargas, es insuficiente el sistema de basamento expuesto anteriormente; se los debe fundar sobre un muro continuo bien construído, como se haría con el que reemplazan estos pilares.

Bóvedas invertidas.—Frecuentemente, y con el fin de repartir la presión de los pilares en toda la longitud del muro de fundación, se dispone éste con *bóvedas invertidas* (figs. 96 y 97),

cuyos arranques se colocan por debajo de los zócalos de los diferentes pilares. En algunos casos, cuando hay varias filas de pila-

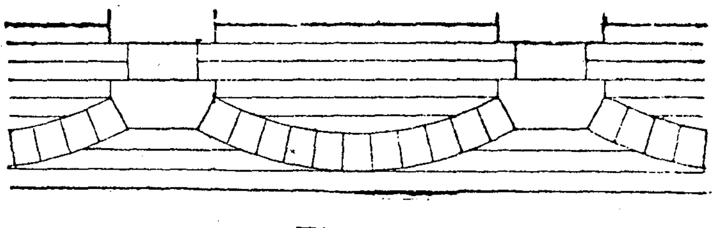


Fig. 96.

res, se apoyan éstos sobre los arranques de bóvedas por arista invertidas que reparten la carga en todo el espacio que queda

Fig. 97.

entre los pilares. A fin de que el asiento sea el mismo para todos los apoyos se les construye con el mismo número de hiladas,

dando á las juntas el mismo espesor, y se labran los lechos llenos y bien perpendiculares al eje del pilar.

El arco invertido no debe emplearse más que cuando se puede disponer de dos puntos de apoyo ó dos estribos seguros, uno en cada extremo.

Si se construyera en el ángulo de un edificio, bajo un hueco ó en un gran espacio vacío, el efecto del empuje desviaría de la vertical el ángulo.

Fundaciones con mampuestos.—Para repartir uniformemente sobre el suelo el peso de una construcción deben darse á los muros de fundación dimensiones tales que puedan soportar la construcción superior y repartir sobre el suelo el peso de tal modo que correspondan $2^{kg},500$ por centímetro cuadrado.

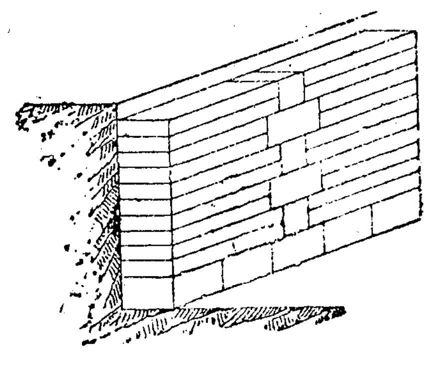


Fig. 98.

La primera hilada de fábrica (fig. 98) se hace de *mampuestos*, piedras ó sillares preparados cuidadosamente, pero solamente desbastados en el paramento. Estas piedras se asientan sobre una buena capa de mortero; se las golpea con un pisón á fin de que tomen buen asiento. Se hace que estos mampuestos atraviesen todo el muro si su espesor lo permite, y si no se les coloca de tizón y se les enlaza cruzando las juntas en todos sentidos, recibiéndolas bien con mortero á medida que se va haciendo su asiento.

Algunas veces se construyen las fundaciones completamente de sillares hasta el nivel del suelo, y otras se establecen *cadenas de sillares* (fig. 98) solamente en las partes que han de soportar grandes cargas, como las que corresponden debajo de los ángulos, entrepaños, los pilares, etc., y se macizan los intervalos de estas cadenas con mampostería ordinaria ó con fábrica de ladrillo. Una fábrica de mampostería hecha con mampuestos grandes de bue-

nos lechos y bien ripiada, haciendo de ladrillo las *cabezas* de los muros, es de una solidez y conveniencia perfectas.

Fundaciones de mampostería ordinaria con mampuestos de roca dura, empleando mortero de cemento romano.—Los morteros de cemento, por la rapidez de su fraguado, permiten fabricar mamposterías que se hagan prontamente incompresibles bajo la acción de grandes cargas. Esta fábrica también sustituye con ventajas á la construída con sillares ó sillarejos para los muros y sus macizos de fundación, que es de una ejecución larga y costosa; la fábrica de mampostería ordinaria, con buenos mampuestos de roca dura, empleando en su fabricación mortero de cemento, produce una sensible economía y abrevia la ejecución.

Fundaciones de hormigón.—El hormigón proporciona casi siempre una gran economía. Se coloca primeramente en el suelo de fundación una capa de hormigón que tenga un espesor de $0^{m},30$ á $0^{m},80$, dejando un *retallo* ó zarpa de $0^{m},10$ á $0^{m},15$ al rededor de la fábrica del muro en una *cuneta* cuyo fondo esté más bajo que el del nivel general de la excavación. El hormigón se extiende por capas de $0^{m},20$ de altura bien apisonadas.

Los muros de fundación se hacen algunas veces completamente de hormigón hasta el nivel del suelo.

Las fábricas de hormigón forman macizos que llegan á hacerse incompresibles. Si la construcción ha de elevarse rápidamente de 5 á 6 pisos en el año, por ejemplo, el fraguado del hormigón debe ser pronto, á fin de que preceda éste á la carga de la fundación.

Fundaciones sobre pilares.—Por economía, cuando hay necesidad de descender á grandes profundidades para encontrar terreno firme, pueden hacerse las fundaciones sobre pilares sepa-

rados convenientemente (fig. 99), uniéndolos en su parte superior por bóvedas de medio punto ó rebajadas, sobre las que se levantan los muros de fundación propiamente dichos. Por medio de estas bóvedas se reparte la presión del edificio sobre todos los pilares.

Cuando el ancho de la fundación lo permite no se baja con toda la excavación hasta el suelo resistente más que en el emplazamiento de los pilares, y se arreglan los macizos de tierra intermedios de manera que ellos mismos puedan servir de cimbra para construir las bóvedas de coronación.

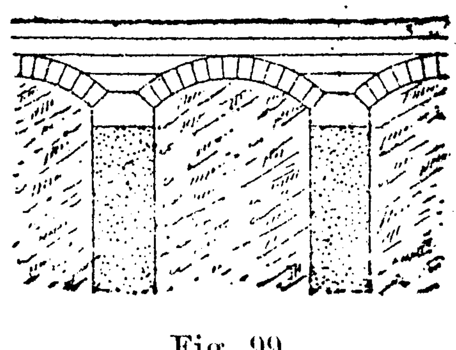


Fig. 99.

En caso contrario se abre completamente la excavación, después se construyen los pilares y se rellenan los intervalos con las mismas tierras procedentes de la excavación, formando con estas tierras las formas que han de servir para construir los arcos. Estas fundaciones se construyen ordinariamente con hormigón.

La figura 100 representa un ejemplo de fundaciones sobre pilares; para utilizar toda la profundidad de la excavación se han hecho dos pisos de sótano.

La figura 101 representa una fundación por medio de pilares que conviene emplear en los edificios sin sótanos, y las figuras 102 y 103 una fundación sobre columnas de fábrica.

Fundaciones sobre pozos rellenos de hormigón.— Para fundar una construcción sobre un terreno en que no se encuentra el firme más que á una gran profundidad, se excava hasta el nivel de la solera de los sótanos; después, por medio de tornos ó malacates de poceros, se construyen pozos espaciados de 3 á 4 metros de eje á eje, llegando con la excavación de estos pozos hasta el terreno firme, en el que aun se profundiza hasta unos

0m,30 por lo menos. Cuando las paredes del pozo no tienen suficiente resistencia, se consolidan por medio de un revoque ó en-

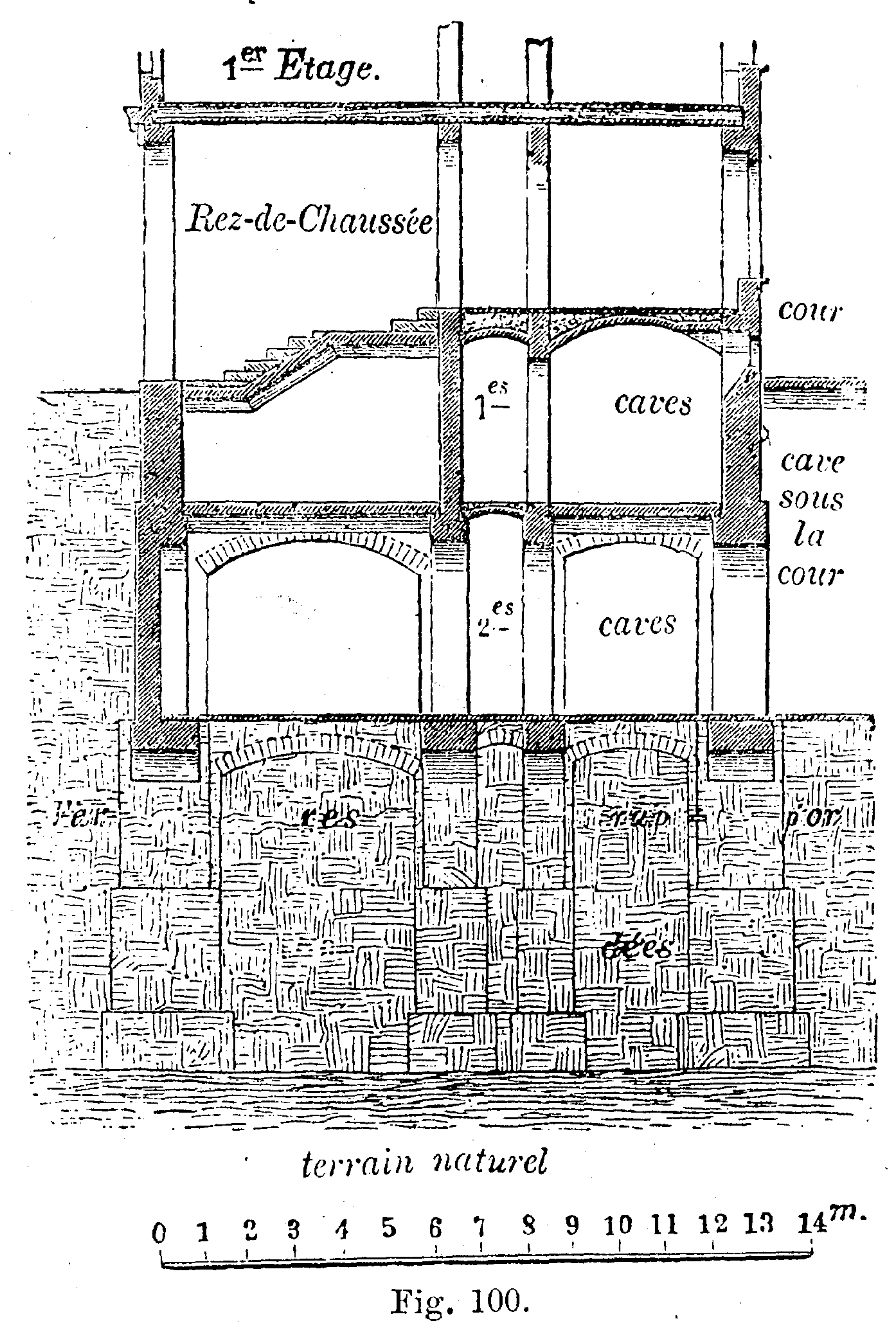


Fig. 100.

EXPLICACIÓN: 1er *etage*, primer piso.—*Rez-de-Chaussée*, entresuelo.—1es *caves*, primeros sótanos.—2es *caves*, segundos sótanos.—*Cour*, patio.—*Cave sous la cour*, alcantarilla. —*Terres rapportées*, tierras transportadas.—*Terrain naturel*, terreno natural.

lucido, y si no basta, por medio de una entibación formada por cuadros de madera y puntales. Los pozos rectangulares ó circulares se establecen en todos los puntos en que la carga del edifi-

cio es mayor y sus diámetros son proporcionales á las cargas. Algunas veces no se les da más que 1 metro de diámetro, pero

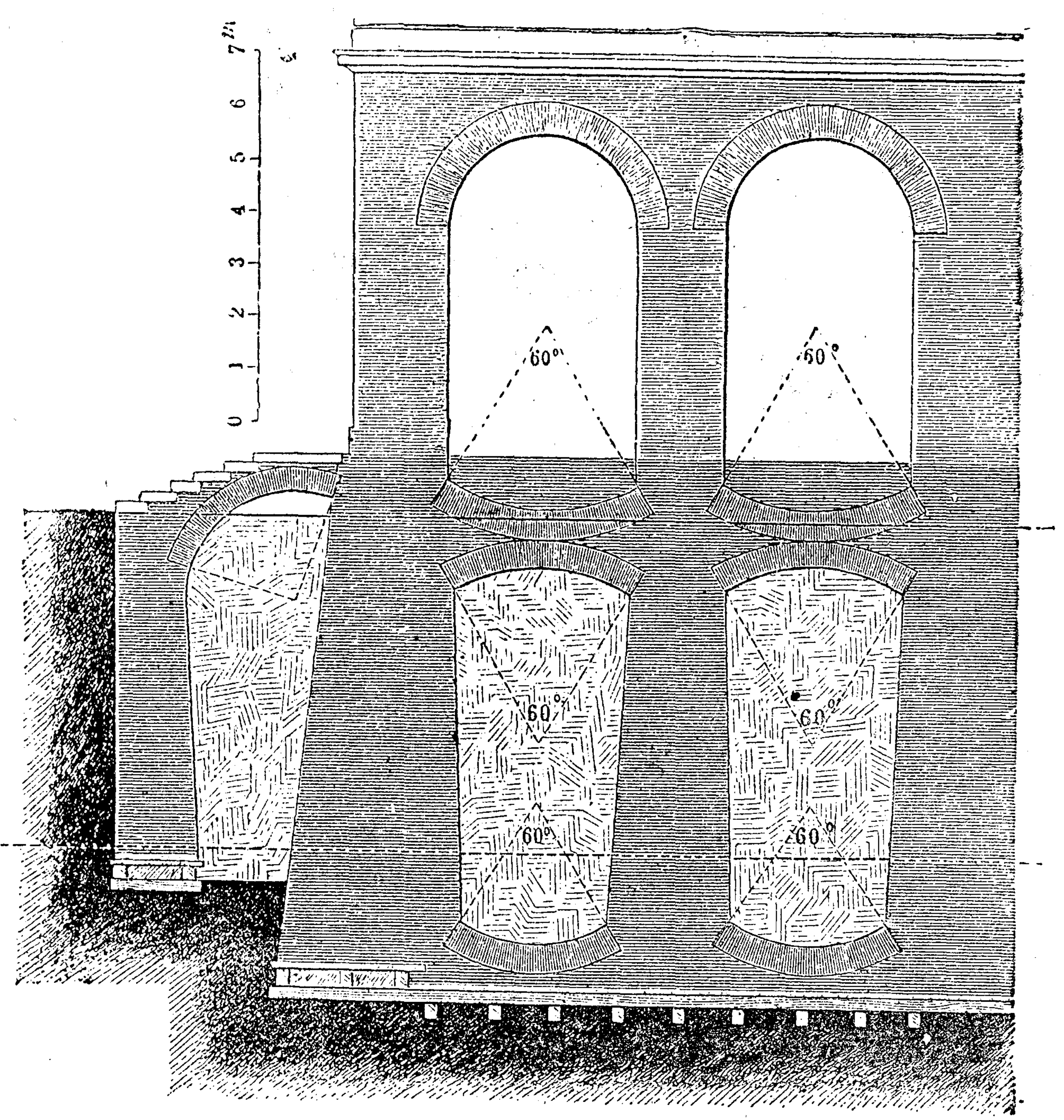
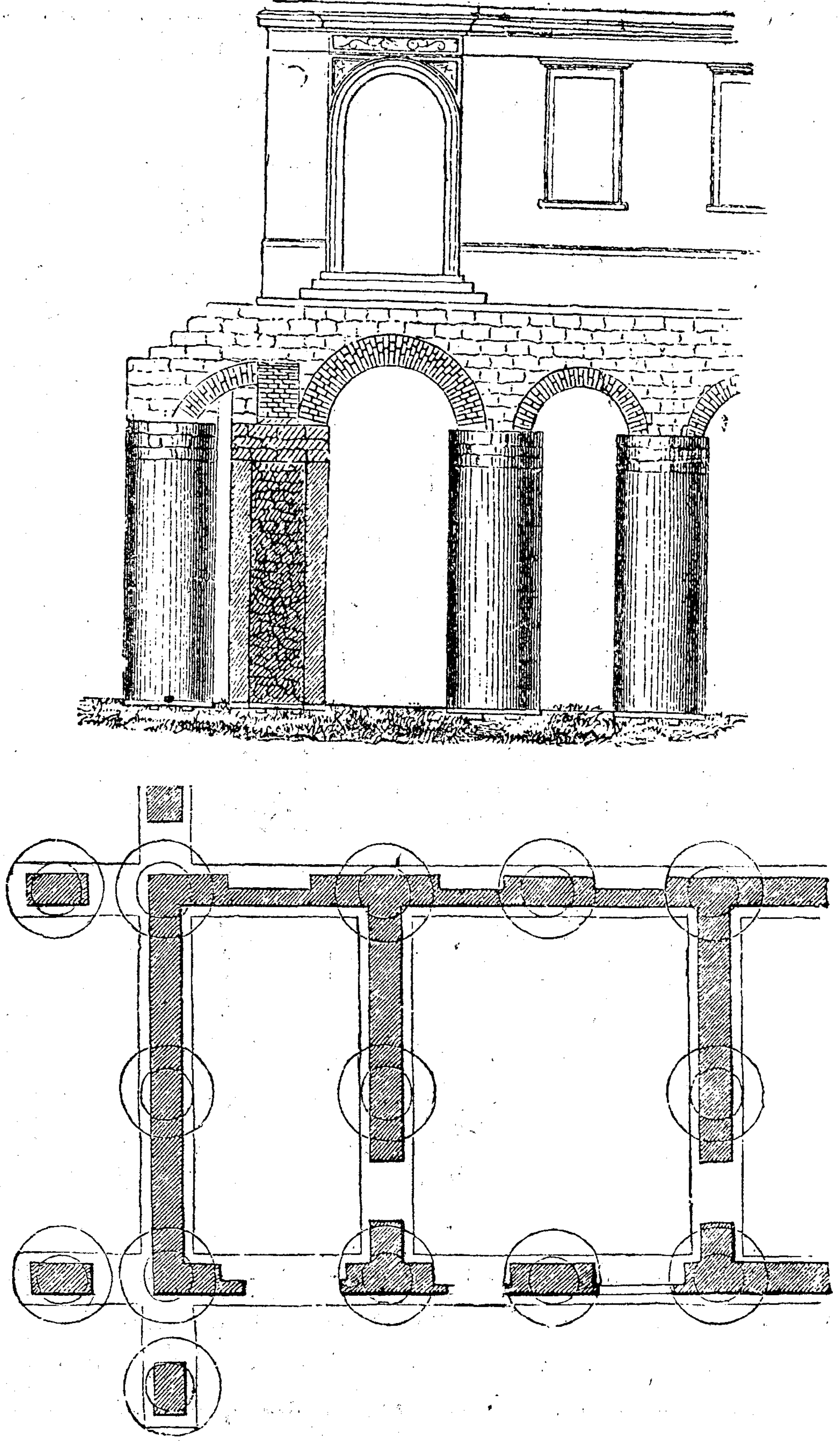


Fig. 101.

más generalmente $1^m,20$ ó $1^m,30$; en los ángulos se llega hasta $1^m,40$. En toda la longitud de los muros se abren *zanjas* de un extremo á otro, dándolas un ancho algo mayor que el espesor que tengan los muros de las fundaciones para formar basamento;



Figs. 102 y 103.

al fondo de estas cunetas se les da la forma de cimbras de bóveda en arcos de círculos apoyándose en los pozos. La profundidad de estas cunetas en la mitad de su longitud no debe ser menor de 1

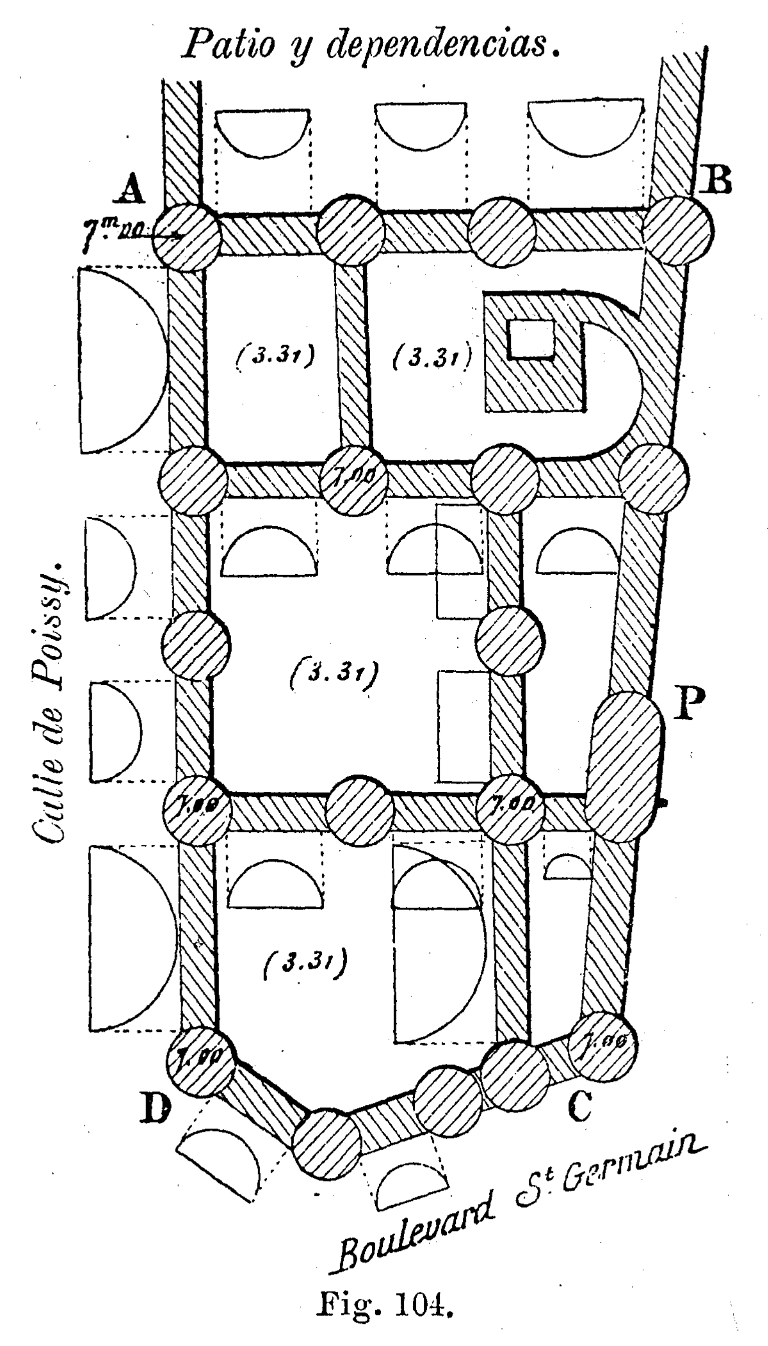


Fig. 104.

metro, y se hace tanto mayor cuanto menos resistente es el suelo. Una vez abiertos los pozos y las zanjas, se llenan de hormigón hidráulico por capas de $0^{m},20$ á $0^{m},30$, sobre el que se levantan los muros de cimiento del edificio con mampostería y mortero de cemento ó de cal hidráulica, llegando con esta fábrica hasta

cerca del suelo exterior. El hormigón de las zanjas forma bóvedas de descarga apoyándose sobre los pilares resistentes formados por el hormigón que llena los pozos, á la vez que reparten la presión sobre el terreno poco resistente en que descansan.

El pequeño hotel situado en el ángulo del boulevard Saint-Germain y de la calle de Poissy, en París, se ha fundado sobre diez y nueve pozos rellenos de hormigón, á saber: diez y ocho pozos de 3 á 7 metros de profundidad y un pozo P (fig. 104) de mayor dimensión horizontal, siendo los diámetros de estos pozos de $1^m,50$.

En este sitio era de temer que la proximidad del Sena perjudicara á las fundaciones. El arquitecto Mr. Renaud ha obtenido una gran seguridad asentando la construcción sobre pozos distribuídos bajo los puntos de mayor carga.

Estos pozos están unidos entre sí por arcos de mampostería concertada, cuyo trasdós está $0^m,30$ por bajo del solado de los sótanos.

El pabellón destinado á habitaciones ABCD (fig. 104) comprende una extensión de 155 metros cuadrados; las dependencias y el patio comprenden una superficie de 77 metros cuadrados.

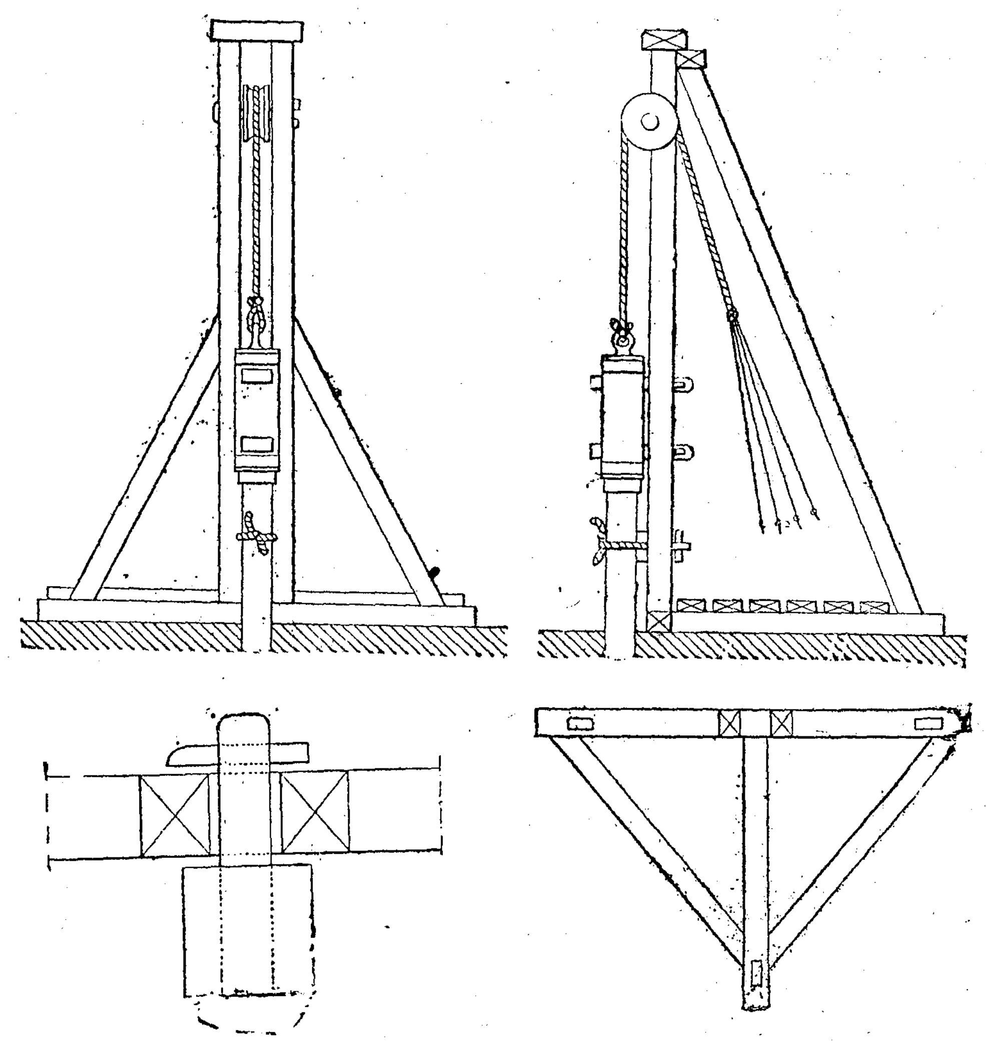
Estas fundaciones han costado 20.000 francos.

Fundaciones sobre suelo incompresible.—Si el suelo incompresible está situado bajo el agua ó bajo capas compresibles (terrenos movedizos) á tan grandes profundidades que no se pueda hacer la excavación á cielo abierto sin gastos considerables, se recurre á uno de los medios siguientes.

Fundaciones sobre pilotes.—Este medio consiste en hincar al tresbolillo en toda la extensión de las fundaciones pies derechos ó pilotes espaciados $0^m,80$ á $1^m,20$ de eje á eje, según la carga que deban soportar y según su diámetro, que en general es 1/24 de su longitud, sin tener menos de $0^m,18$ en la cabeza;

los pilotes son de madera y tienen $0^m,20$ á $0^m,30$ de diámetro. Las mejores maderas para pilotes son el roble, el haya, el aliso (álamo blanco), el pino, el abeto, el cedro y el nogal.

La hinca de los pilotes se hace por medio de la *machina con cuerdas* movida por hombres (figs. 105 á 108) ó por la *machina* ó



Figs. 105 á 108.

martinete de torno ó de vapor sistemas Nasmyth y Lacour, del que las figuras 109 y 110 representan el martinete á mano y las figuras 111 y 112 el martinete automático. Estas últimas representan el dibujo ó plano de un *pilón* de hierro y montantes del aparato después de elevar el pilón y pinzas, cuyas ramas superiores llevan un resorte que las obliga á cerrarse. Este movimiento abre los topes en que se engancha el pilón. Una locomóvil con una fuerza

de 6 caballos puede dar ocho golpes por minuto con un pilón de 1.100 kilogramos. Con un pilón de 587 kilogramos, 38 hombres dan 12 descargas de 30 golpes por hora.

Los pilotes llevan el pie provisto de un *azuche* terminado en punta (figs. 113 á 117); este azuche es de hierro (figs. 113 y 114) ó de fundición, con una espiga central dentada (fig. 116); la espiga se pone en el molde antes de hacer la fundición del azuche.

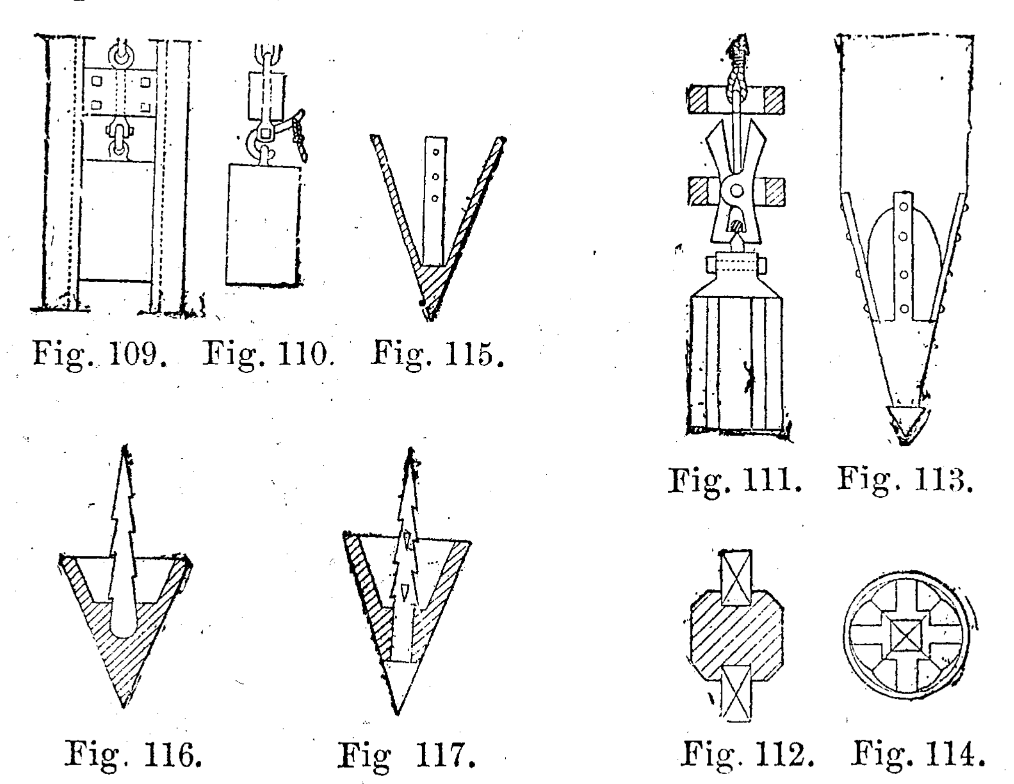


Fig. 109. Fig. 110. Fig. 115. Fig. 111. Fig. 113.

Fig. 116. Fig 117. Fig. 112. Fig. 114.

Se golpean los pilotes hasta el *rebote* del pilón, ó hasta que para cada golpe la hinca no sea más que de algunos milímetros. Sería preferible golpear el pilote hasta la presión equivalente á la carga que ha de soportar con la construcción.

Es conveniente colocar en la cabeza del pilote un zuncho ó aro de hierro para evitar que por la acción del martinete se abra la madera con los golpes.

El *precio de la hinca con martinete* á brazo es de unas 15 pesetas para el primer metro de altura en pilotes de $0^m,22$ á $0^m,35$ de diámetro, y de 9 pesetas término medio para los metros siguientes.

El primer metro de hinca, de 1 metro lineal de tablones para tablestacado con piezas de $0^m,08$ á $0^m,15$ de espesor, cuesta 16 pesetas; cada metro más 8 pesetas.

Un pilote puede soportar de 45 á 50 kilogramos y algo más por centímetro cuadrado de sección; pero es conveniente no pasar de los dos tercios de esta carga, á fin de obtener una seguridad completa.

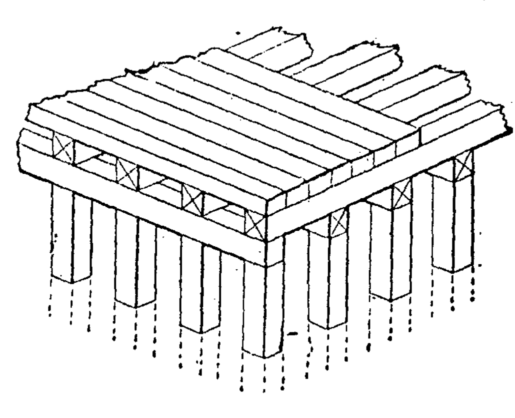


Fig. 118.

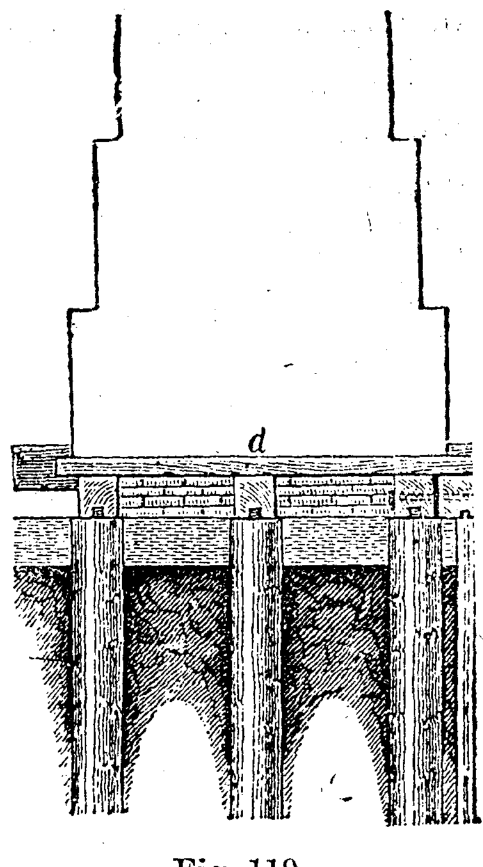


Fig. 119.

Hincados los pilotes, como se ha dicho, al *tresbolillo*, se les corta todos á nivel de la altura conveniente, se quita la tierra que entre ellos se haya removido por la hinca y se rellenan los intervalos que quedan por piedra menuda en seco si se opera sin mortero, ó por hormigón ó mampostería con mortero hidráulico en el caso contrario. Se apisonan estos materiales á medida que se les asienta.

Se coloca en seguida un *emparrillado* de madera formado de *longarinas* ó *largueros* que unan las filas longitudinales de los pilotes y *traveseros*, ensamblados á media madera con los largueros; se rellena la cuadrícula que así se forma hasta el nivel del emparrillado, y encima se clava una *plataforma de tablones* gruesos, sobre la que se levanta el edificio (figs. 118 y 119).

Como la plataforma de madera presenta mala adherencia con la fábrica de mampostería, se la puede sustituir por una capa de hormigón que envuelva las cabezas de los pilotes, á no ser que en vez del relleno se haga un macizo formado por una ó dos hiladas de grandes mampuestos de $0^m,40$ á $0^m,60$ con piedra dura y cemento romano, á fin de repartir bien el peso de la construcción.

En las obras de los ríos el *encepado* de los pilotes se hace á $0^m,60$ ó $0^m,70$ por debajo del estiaje, ó sea de las más bajas aguas, á fin de preservar la madera de las alternativas de sequedad y humedad. El pilotaje largo y costoso conviene en las tierras mojadas y en las turberas; es inaplicable en las tierras cavadas, es decir, removidas ó transportadas procedentes de zanjas.

Según Sganzin, un pilote puede soportar con seguridad próximamente 26 toneladas cuando se le hinca con una machina de martinete y una descarga de 10 golpes con un pilón que pese 625 kilogramos, cayendo de una altura de $3^m,50$, no entrando de hinca más que $0^m,15$, é igualmente para el pilote que no entre en el suelo más que $0^m,12$ después de descargar 30 golpes con un pilón de 625 kilogramos con machina de cuerdas cayendo de $1^m,20$ de altura.

En los edificios ó construcciones ordinarias basta golpear los pilotes con un pilón de 400 kilogramos; en este caso pueden soportar un peso de 17 toneladas y media cuando al cabo de 15 á 20 golpes no se hinca más de $0^m,13$.

Lo mejor es golpearle con un pilón de 400 kilogramos hasta que el pilote no entre más que $0^m,05$ á $0^m,08$ para dos ó tres descargas sucesivas.

Las cuerdas para elevar el pilón en la machina tienen de $0^m,04$ á $0^m,05$ de espesor; las del martinete á brazo, $0^m,01$ á $0^m,013$.

La carrera ó elevación del pilón tiene $1^m,20$ á $1^m,50$. Se calculan tres hombres para cada 50 kilogramos de peso del pilón.

Los pilones movidos á brazo por cuatro hombres tienen 1 me-

tro de carrera, contándose 15 kilogramos de peso por cada operario.

Para machinas mayores con martinetes, el pilón es de fundición y pesa de 500 á 800 kilogramos; su carrera es de $3^m,80$ á $7^m,50$, y son necesarios cuatro hombres para el manejo del torno.

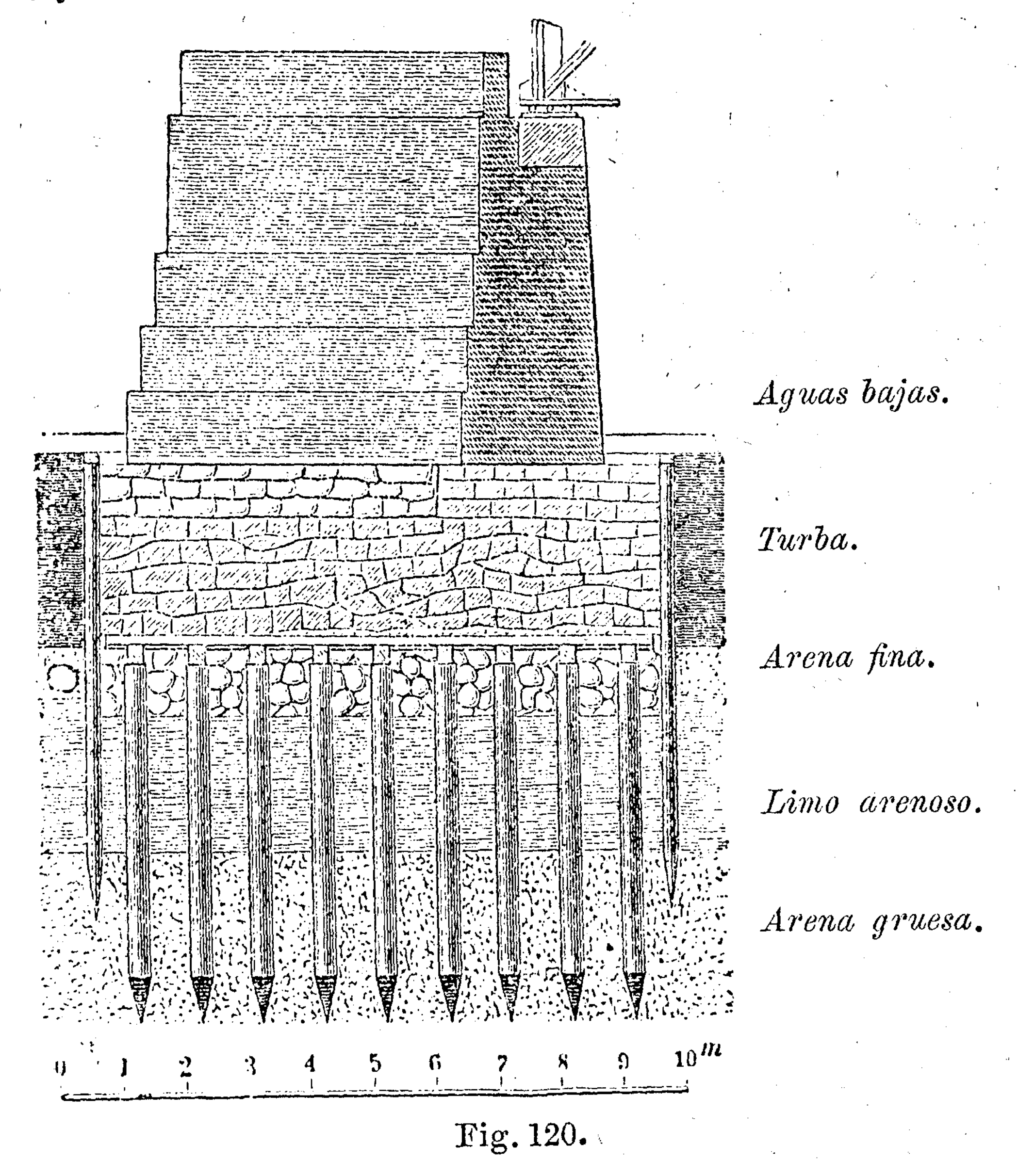


Fig. 120.

En las machinas de tirantes el pilón pesa de 300 á 1.000 kilogramos y es de roble ó de fundición. La polea por donde pasa la cuerda es de madera ó fundición, y tiene de diámetro de $0^m,50$ á $0^m,60$.

El martinete de vapor de Nasmyth tiene un pilón de 1 á 2 1/2

toneladas; la altura de caída ó carrera es de $0^m,80$ á 1 metro, y da 75 á 100 golpes por minuto.

La figura 120 representa la fundación de los estribos de un puente metálico.

Empalme de los pilotes.—Si la longitud de un pilote no bastara para hacerle entrar hasta un buen suelo, es preciso empalmarle, es decir, unirle otro con espiga en su prolongación. La unión más sencilla consiste en poner en el empalme á tope con espiga un zuncho ó anillo de hierro de $0^m,08$ á $0^m,11$ de ancho, con una espera en la cabeza del pilote hincado, de modo que comprenda la mitad del ancho del zuncho, recibiendo la otra mitad el extremo del trozo que se empalma; de este modo el zuncho queda entallado en la madera con todo su espesor, como se indica en la figura 121, *a*. A fin de aumentar la adherencia en el empalme, se coloca en el eje del pilote un clavo con dos puntas. Para los pilotes cuya hinca ha de hacerse con pilón muy pesado, se emplea un disco de hierro que se coloca en la junta de empalme unido al zuncho exterior que lleva también el clavo central de dos puntas (fig. 121).

Fig. 121.

Ejemplo de una fundación con pilotes.—Debemos á la atención de nuestro amigo Mr. A. Trilleau, arquitecto, el habernos facilitado los adjuntos dibujos y datos, referentes á la fundación con pilotes de una casa que posee, construída en París, en la isla Louviers, calle de Aubigné y muelle de Enrique IV.

Los pilotes se han hincado con un pilón que pesaba 600 kilogramos, cayendo de una altura de 3 metros; la hinca se hizo hasta obtener un rebote de 4 centímetros para 10 golpes del pilón. El motor del pilón era una máquina de vapor.

La construcción ha sido asentada sobre una capa de hormigón formado con mortero hidráulico y piedra caliza machacada.

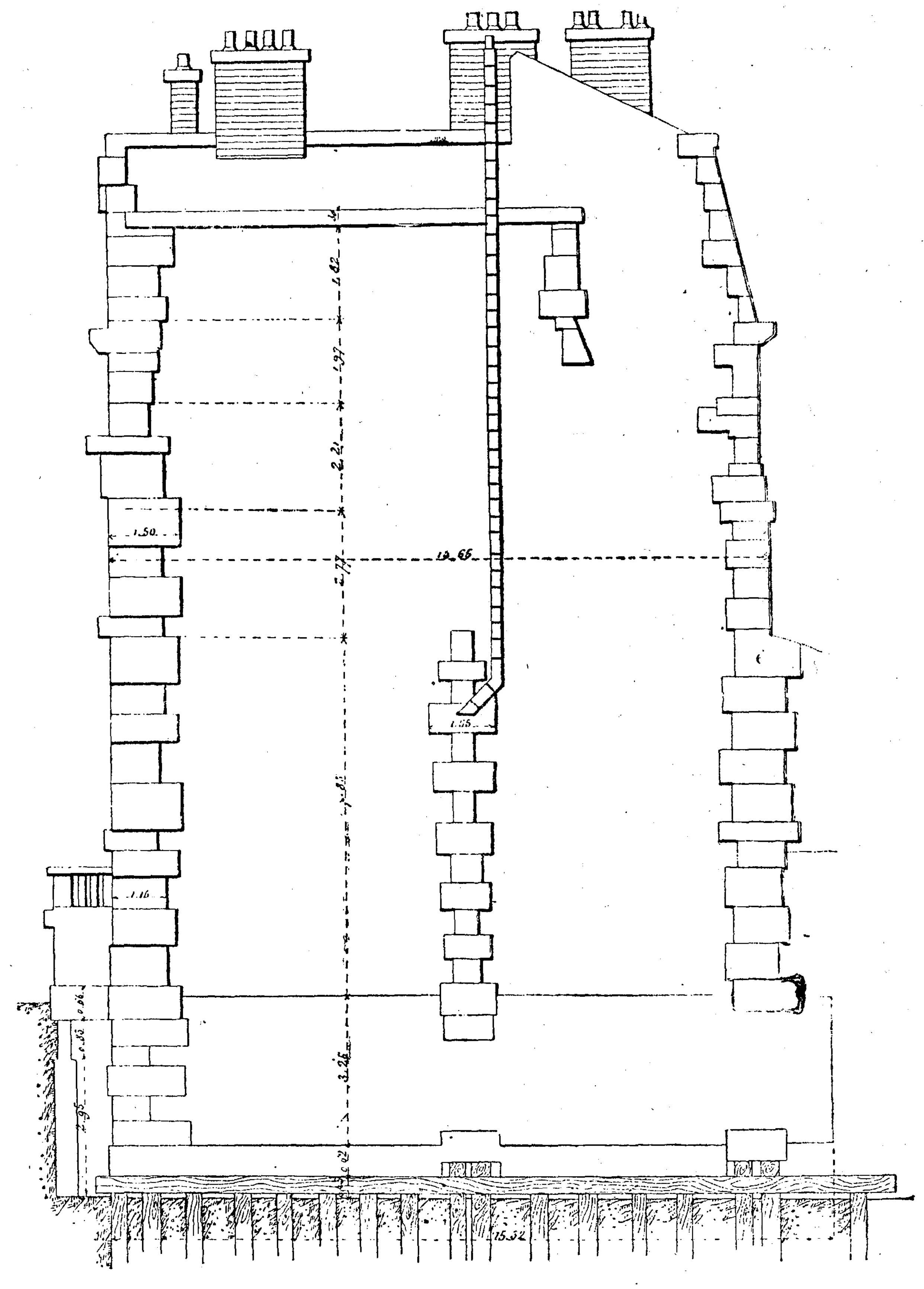
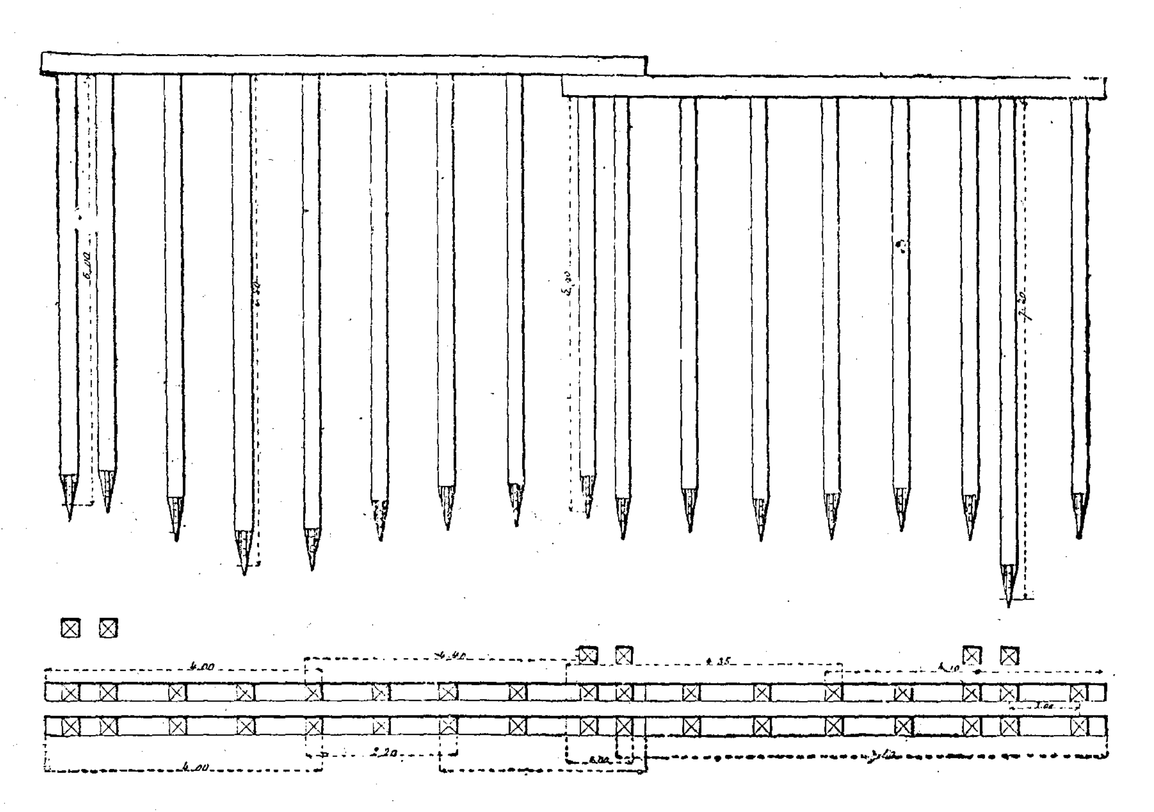


Fig. 122.

La separación de los pilotes (que son cuadrados y tienen $0^m,24$ á $0^m,32$ de escuadría) es á lo más de 1 metro bajo el muro medianero. Se han hincado de $5^m,80$ á $7^m,20$.

Los 34 pilotes hincados bajo el muro medianero representan un total de 16 metros cúbicos 121 de madera, ó sea $0^m,474$ término medio por pilote.



Figs. 123 y 124.

Las carreras sobre los pilotes representan 3 metros cúbicos 0,30 de madera. El coste total es:

		Pesetas.
16 metros cúbicos 121 de madera de roble para pilotes á 115 pts..	=	1.853,91
3 metros cúbicos 0,30 de ídem ídem para carreras á 115 pts.. .	=	348,45
Hinca de los pilotes, primer metro de hinca, 34 metros á 10 pts.	=	340,00
Idem de ídem, metros más de hinca, 173 metros á 5 pts.	=	865,00
Encepado de los pilotes, 34 á 1 peseta.	=	34,00
Hierro para 34 azuches 297 kilogramos, 500 á 0,80.	=	238,00
Hierro para 34 clavijas 61 kilogramos, 200 á 0,80.	=	48,96
Total.		3.728,32

Según los precios de la madera y del hierro en una localidad determinada, se podrá por medio de este ejemplo evaluar el precio de coste de una fundación con pilotaje.

Hinca de los pilotes por inyección de agua.—La hinca de pilotes y tablestacas presenta muy grandes dificultades cuando se ha de efectuar en arena fina húmeda, como acontece en las orillas del mar. Esta circunstancia aumenta el gasto de hinca y retarda la ejecución.

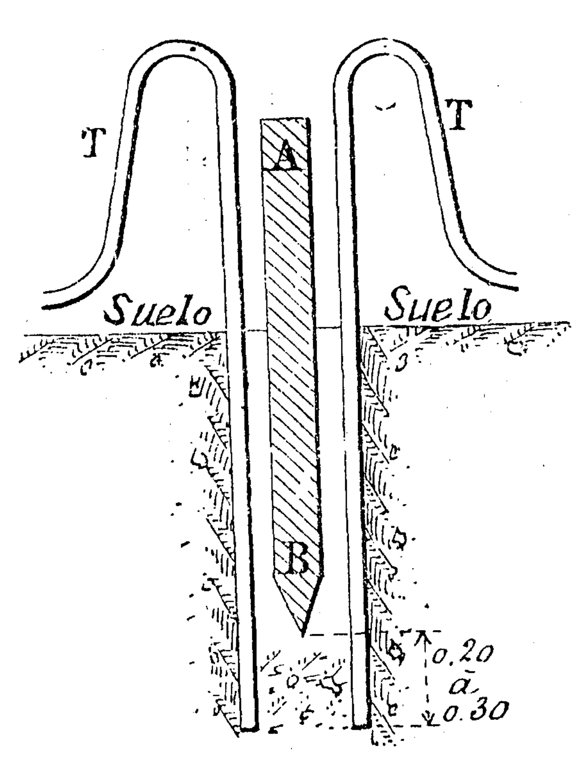


Fig. 125.

Los Sres. Stœklin y Vetillard han conseguido el trabajo de la hinca haciendo llegar una corriente de agua á lo largo del pilote AB (fig. 125) que se va á hincar, á $0^m,20$ ó $0^m,30$ por debajo de su extremo inferior. Se obtiene así la desagregación del suelo.

Esta corriente de agua se dirige por dos tubos T, T de caucho, terminados cada uno por un tubo de hierro formando lanza. La única precaución que hay que tener es procurar que estos tubos estén colocados bien verticalmente y moverlos de cuando en cuando á fin de impedir que los obstruya la arena; ésta vuelve á ser compacta en el momento que se interrumpe la corriente de agua ó deja de subir á lo largo de las lanzas.

La experiencia ha demostrado que la arena fina, agitada y removida por una corriente de agua continua, adquiere la propiedad de mantenerse, por decirlo así, en suspensión en el agua y de ser semejante á una masa líquida.

En las obras del puerto de Calais se han construído por este

procedimiento, en las mejores condiciones de economía y de rapidez, las extensas palizadas de pilotes y tablestacas.

Fundaciones para apoyos metálicos.—Para el Palacio de Máquinas, construído con motivo de la Exposición de París de 1889, en todo sitio en que la capa de arena no era más que de $0^m,50$ se construían las pilas según el detalle de las figs. 126 y 127. Este sistema de fundación se componía de 28 pilotes de 33 centímetros de diámetro y 9 metros de longitud próximamente, distribuídos al tresbolillo. Estos pilotes se hincaron por medio de una machina de vapor, deteniéndose en la capa de arena cuarzosa que se encontraba debajo de la capa de greda de 7 metros.

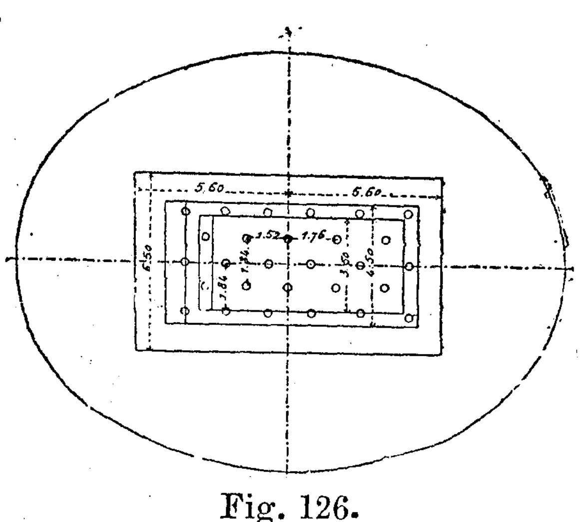


Fig. 126.

Encima de sus cabezas, encepadas á $0^m,80$ del fondo de la excavación, se extendía una plataforma EFGH de hormigón con cemento Portland de $11^m,20$ por $6^m,50$ y $1^m,80$ de espesor. Después se colocaba la primera hilada de fábrica de mampostería CDEF, de espesor variable, según la profundidad de la excavación. En fin, encima se levantaba la pila propiamente dicha, formada por un macizo rectangular ABCD, de 7 metros de largo por $3^m,50$ de ancho y de $3^m,20$ de alto. En el interior de este macizo se hallaban empotrados los enganches ó amarres de sujeción.

La resistencia necesaria del suelo, en este caso, era de $1^{kg},900$ por centímetro cuadrado.

Hay 10 pilas construídas según este tipo; éstas son las que se encuentran frente á la Escuela Militar, á lo largo de la Avenida de la Motte-Piquet, que es donde se encontraba la cantera de arena en 1878.

Cuando la capa de grava tenía un espesor de $1^m,50$ á 2 metros, se suprimían los dos pilotes y se formaba una gran plataforma de hormigón de $11^m,20 \times 6^m,50$, dándola un espesor de $5^m,35$. El resto de la pila quedaba idéntico al tipo precedente.

Hay solamente cinco pilas de esta clase.

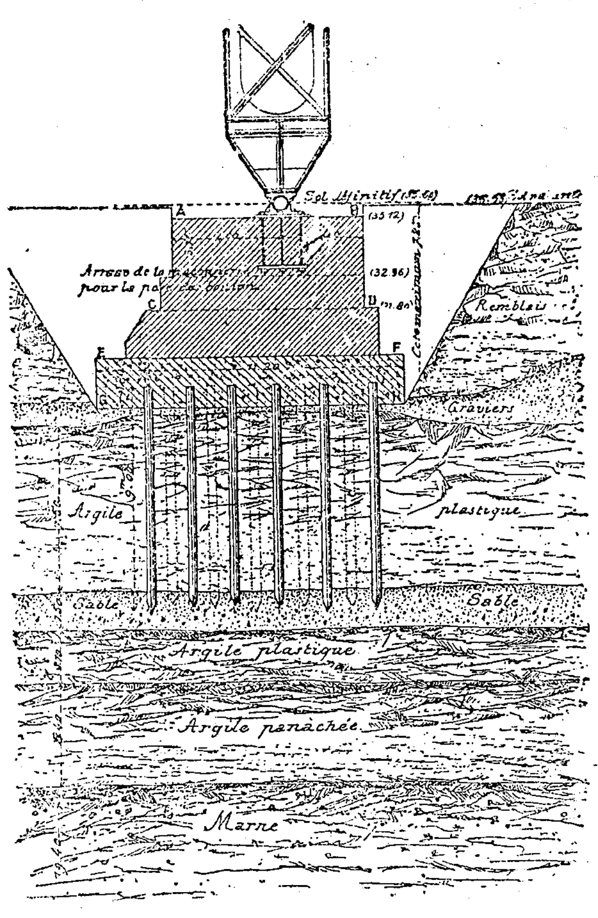


Fig. 127.

Explicación: *Sol definitif*, suelo definitivo.—*Sol naturel*, suelo natnral.—*Arrese de la maconnerie pour la pose des boulons*, enrase de la fábrica para la colocación de los pilares.—*Remblais*, terraplén.—*Graviers plastique*, grava compacta.—*Argile*, arcilla. —*Sable*, arena.—*Argile plastique*, arcilla compacta.—*Argile panachée*, arcilla mezclada.—*Marne*, marga.

Se hallan situadas del lado del Sena, en sitios ya excavados para las Exposiciones anteriores.

En fin, en la mayoría de los casos, es decir, para las 25 pilas restantes, se encuentra una capa de terreno de aluvión que pasa de 3 metros. En este caso bastaba extender una torta de hormigón de 50 á 80 centímetros de espesor, sobresaliendo ó retallando

25 centímetros del macizo superior de la pila. Este macizo, de 7 metros por $3^m,50$ y $3^m,32$ de alto, es invariable para todas las pilas; es el que recibe el apoyo ó zapata de hierro de los grandes entramados metálicos.

En este último tipo, la resistencia que tiene el suelo es próximamente de 3 kilogramos por centímetro cuadrado.

En todo sitio en que la profundidad de la excavación no era demasiado grande y no pasaba de $4^m,50$ se hacía la excavación verticalmente, conteniendo las tierras de los costados con entibaciones de maderas.

Pero en las pilas en que era preciso hacer bajar los pilotes hasta 7 metros de profundidad, y la entibación del terreno difícil de establecer á causa de fáciles desprendimientos, la hinca de los pilotes se hubiera hecho casi imposible; en este caso se dió talud á las paredes de la excavación y se suprimió la entibación con madera. Por otra parte, si se daba á las tierras un talud muy grande para evitar desprendimientos, se aumentaba el cubo de excavación en proporciones muy costosas. Por lo tanto, se dispuso dar á las excavaciones una forma análoga á la de un tronco de cono elíptico invertido en el que penetraba un prisma rectangular, teniendo por base la superficie de la plataforma de hormigón.

El cubo de esta excavación, en forma de cubeta, es menor que el que resultaría de una excavación con taludes rectangulares, porque la parte correspondiente á los ángulos constituye un espacio inútil para el empleo de los materiales. Este sistema presenta una resistencia á los desprendimientos, muy conveniente en el momento de hacer la hinca de los pilotes; los diferentes elementos del terreno, piedras sueltas, pedazos de tierra, etc., se sostienen mutuamente como las dovelas de una bóveda invertida. La inclinación media del talud de esta excavación en forma de cubeta fué de 60 centímetros por metro en las excavaciones para pilotes.

Cada una de estas grandes excavaciones cubicaba 1.000 á 2.000 metros. La extracción de las tierras se hacía por medio de cubos de madera elevados por una grúa de vapor. Eran precisos 20 operarios trabajando seis días para terminarla. Las tierras se descargaban directamente por la grúa en trenes de vagonetas movidas sobre vía Decauville; el trabajo medio era de 250 cubos por día; cada cubo tenía de cabida 80 centímetros. La grúa de vapor se movía sobre carriles para pasar de una excavación á la otra.

Los pilotes se fijaron en cinco líneas, dispuestos al tresbolillo; eran de pino abeto del Jura, con azuches de hierro de fundición dura, y se hizo la hinca por medio de un pilón movido por vapor, sistema Lacour.

La machina se componía de dos apoyos de madera acoplados que sostenían un puente de servicio; las gemelas, en las que se deslizaba el pilón, se alzaban en el centro del andamiaje; sus extremos inferiores bajaban hasta el fondo de la excavación; el movimiento de caída y de elevación del pilón se efectuaba por el juego de la llave de escape, movida alternativamente por las palanquetas ó vástagos de que tiraba el operario encargado de disparar desde el fondo de la excavación.

Todo este sistema podía moverse perpendicularmente al eje mayor de la excavación por medio de rodillos sobre carriles colocados en dos bastidores de madera. A su vez, estos bastidores de madera podían moverse también sobre otras dos vías férreas paralelamente al eje mayor. El movimiento transversal de la machina permitía, por lo tanto, llevar el pilón sobre las cinco líneas de pilotes, y el movimiento longitudinal de esos bastidores permitía poder golpear todos los pilotes de una misma línea.

Se empezó por hincar los pilotes de la línea del centro y después los de las dos líneas inmediatamente próximas, y, por último, los de las dos líneas extremas.

Preparados los pilotes y azuchados en el borde de la excava-

ción se lanzaban al fondo de la misma con la punta hacia adelante, enderezándolos en el sitio de su emplazamiento por medio del torno y de la cadena.

La longitud de hinca de los pilotes variaba desde 7,50 á 8 metros, según las excavaciones; se suspendían los golpes de martinete cuando el pilote no daba más que un centímetro de hinca por cada diez golpes, pesando el pilón 1.200 kilogramos, cayendo desde una altura de 1^m,50. Se intentó varias veces llevar la hinca más adelante, pero á menos de un centímetro el pilote se abre por el golpe. Para llegar á este límite extremo de hinca es conveniente que la cabeza del pilote esté formada por la parte del tronco de árbol situada inmediatamente encima de las raíces; la madera, muy densa y muy nudosa en esta sección, no se abre. Si el pilote procede de un árbol cortado por el tronco más arriba de esa sección, las fibras de la madera concluyen por desagregarse por la acción del choque y forman una especie de seta encima del zuncho que se pone en la cabeza del pilote, por cuidado que se tenga al colocarle. El número de operarios dedicados á la hinca de pilotes fué de 11 hombres, incluso el fogonero.

Fueron precisos tres días para hincar los pilotes de una excavación, es decir, 28 pilotes, y un día para transportar el andamiaje y machina de una excavación á otra. Cuando se hacía este transporte se elevaban las gemelas del pilón por medio de una cadena y de un torno T; estas gemelas estaban montadas á corredera en el andamiaje, y cuando se terminaba el transporte de aquél se las volvía á hacer bajar hasta el fondo de la excavación por el mismo medio.

La hinca de los pilotes se hizo muy regularmente en todos los sitios, á excepción de los de las tres últimas excavaciones más próximas á la Avenida de La Bourdonnais. En estas últimas excavaciones, la capa de arena cuarzosa que detenía la punta de los pilotes no se extendía probablemente con la misma regularidad

que en las excavaciones precedentes porque fué preciso emplear pilotes de 14 metros. Estos pies se hincaron de un modo irregular, y en la excavación resultaron longitudes de hinca que variaban entre 9 y 13 metros.

Después de la hinca, la cota del fondo de la excavación se aumentó en 35 centímetros. Esta elevación del suelo representa poco más ó menos el volumen de la madera hincada é hizo desaparecer la capa de agua.

Terminada la hinca de todos los pilotes se procedió al apisonado general de las excavaciones, empezando por la primera ó más antigua, en la que los pilotes tenían ya un mes de asiento. Esta operación dió poco resultado; los pilotes se hincaron aún de 5 á 7 centímetros á lo más, y se detuvieron de nuevo en el límite de un centímetro de hinca para cada andanada de diez golpes; entonces se limpiaron cuidadosamente las excavaciones, dejando una capa de arena de 30 centímetros encima de la arcilla, se enceparon en seguida los pilotes y se tendió el hormigón.

La plataforma de hormigón cubicaba 131 metros y fueron precisos 26 operarios (peones) durante diez días para extenderla y apisonarla.

La operación se hizo como de ordinario, por medio de un puente de servicio de madera encima de la excavación, teniendo en su centro una hormigonera; el mortero se fabricaba con una amasadera de vapor.

El volumen de fábrica de una pila propiamente dicha variaba entre 120 y 130 metros cúbicos. Eran precisos ocho ó nueve días para construir la fábrica con 6 ó 7 oficiales y otros tantos ayudantes.

Los vástagos de hierro, que llevaban en su parte inferior los amarres de sujeción, fueron empotrados en la fábrica á medida que se iba haciendo la construcción; para determinar exactamente la posición de estos amarres se estableció sobre longarinas que pasaban por encima de la pila un bastidor con maderas, de-

jando huecos dispuestos exactamente en el sitio que habían de ocupar esos amarres. La separación de los bastidores estaba dada exactamente por un patrón formado por tablas de pino clavadas, de una longitud total de $21^{m},50$, que representaba un espacio entre viga y viga del edificio. Una vez bien arreglados los bastidores se asentaban las clavijas en los huecos que se habían preparado, elevándose el resto de la fábrica de la pila sin temor de que pudieran moverse de su sitio. Para dar un poco de juego al asiento de la placa cada clavija encima del filete está separada de la fábrica por un tubo de fundición prolongado, en una altura de 50 centímetros, por un tubo de piedra arenisca hasta el enrase superior de la pila. Esta disposición permite cortar fácilmente el exceso de la envoltura de aislamiento al nivel justo de las placas de fundición. Estas descansan sobre una capa de cemento Portland bien extendida con reglas de hierro.

Pilotes de rosca.—Los pilotes de rosca A. Mitchell (de Belfast), empleados para fundaciones de puentes y viaductos, presentan una gran resistencia al arranque y á la compresión. Los tornillos Mitchell se adaptan á los pilotes de madera como ó bajo la forma de un azuche; pero más á menudo se les fija en la extremidad de un pie circular de fundición ó de hierro dulce. Para los terrenos movidos, los tornillos tienen un metro de diámetro máximo y de $0^{m},25$ á $0^{m},30$ de paso.

Para los terrenos muy firmes y la roca se reducen á un taladro cónico con filetes salientes, dando un cierto número de vueltas (diámetro máximo, $0^{m},6$; paso, 0,2 á 0,3).

En la cabeza del pilote, que es cuadrada, con una altura de $0^{m},20$ á $0^{m},40$, se pone un manguito de hierro en el que se colocan barras para hacerle actuar á manera de cabrestante, que permiten hacer girar el pilote como si fuera un barreno de dos mangos é hincarle hasta el terreno suficientemente resistente.

Los pilotes de rosca pueden hincarse oblicuamente, es decir,

inclinados sobre el horizonte, lo que se hace en ciertos trabajos marítimos (fig. 128); esta hinca oblicua proporciona una triangulación favorable en las obras sometidas á esfuerzos laterales, empujes de vientos ó de agua.

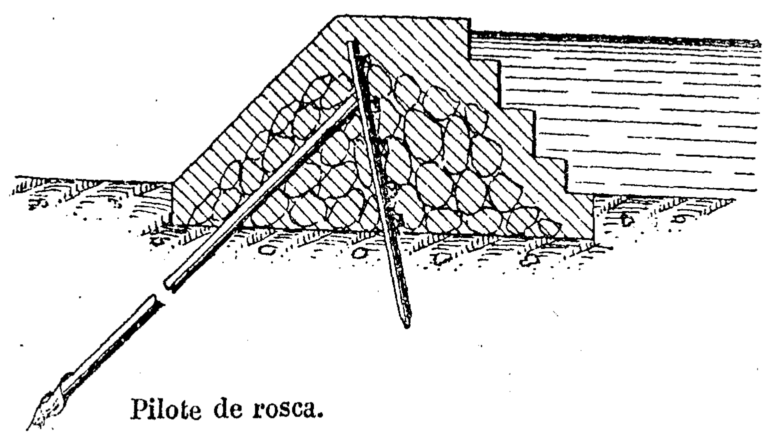


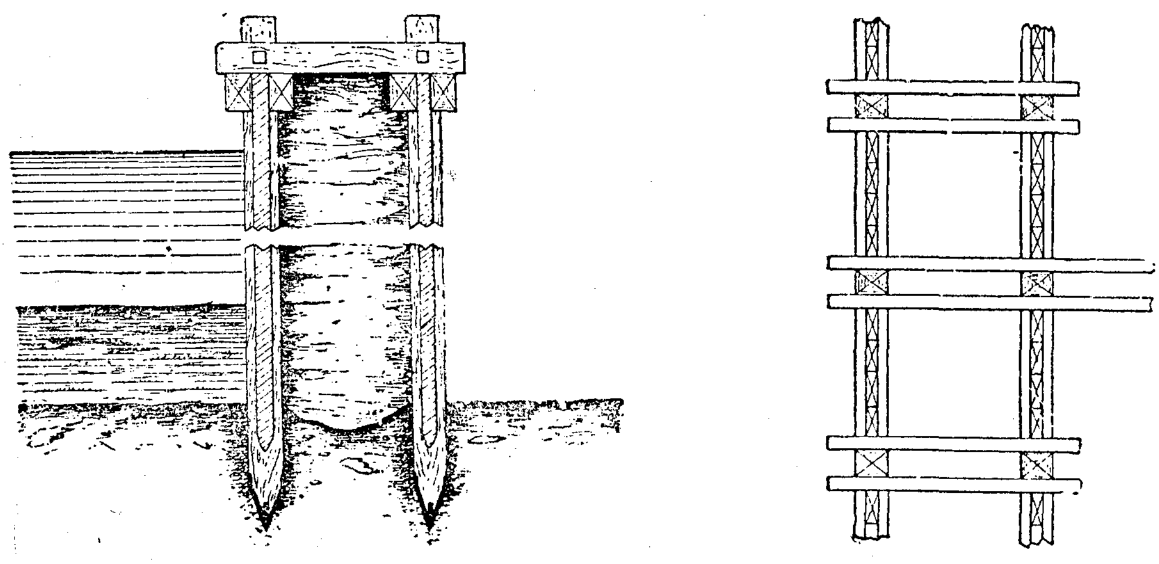
Fig. 128.

Ataguías para fundaciones hidráulicas.—Las ataguías son diques con los que se circunscribe el emplazamiento de la fundación, á fin de poder agotar el agua del recinto por medio de bombas y establecer en seguida la fundación sobre el suelo seco, operando como antes.

Cuando la profundidad del agua no pasa de un metro, la ataguía se hace de tierra ($0^m,80$ á $1^m,20$ de espesor) bien apisonada á medida que se va apilando. Si el agua tiene alguna velocidad ó una profundidad de 1 á $1^m,50$, se hinca con el pilón ó maza una fila de pilotes contra los que se fijan maderos unidos, y contra esta barrera de madera se amontona la tierra, sirviendo aquélla de defensa; algunas veces se reemplaza la madera por faginas ó haces de leña.

Cuando la profundidad del agua excede á $1^m,50$, se establecen en dos filas paralelas pilotes separados un metro en el sentido de la longitud de las filas (figs. 129 y 130); se enlazan los pilotes de cada fila por medio de piezas de madera en forma de cepos, atornilladas, ó por maderos que se clavan horizontalmente; entre estas piezas de madera, ó contra estos maderos, se apoyan

las tablestacas, cortadas en bisel en su parte inferior, y se colocan al tope los cantos de una contra otra ó ensambladas entre sí con ranura y largueta; después se hincan estas tablestacas hasta que su extremidad inferior quede más baja que el terreno sin consistencia. Después de quitar el fango de entre los dos tabiques así formados se rellena su intervalo con tierra (con preferencia arcilla), que se va echando en pequeñas porciones, apisonándola por capas de $0^m,15$ á $0^m,20$. Cruceros ó cepos transver-



Figs. 129 y 130.

sales de madera unen entre sí los dos tabiques que forman las tablestacas, dando la debida solidez al conjunto; es preciso evitar que el encepado quede por debajo del nivel del agua, porque entonces pasaría ésta por la superficie superior de la ataguía y produciría filtraciones abundantes.

Se obtienen buenos resultados mezclando con la arcilla paja ó estiércol para aumentar la consistencia y ligazón.

Las ataguías deben tener un espesor igual á la altura de agua que han de contener.

Se hacen también ataguías de mampostería con mortero hidráulico ú hormigón. Se draga el fondo sobre el que se han de instalar hasta que se llegue á un terreno bastante resistente para el peso que ha de sostener.

Fundaciones con cajón.—Para fundar á grandes profundidades se emplea un *cajón* de madera, sobre cuyo fondo plano se construye la fábrica. El cajón se sumerge por el peso de éste, se deja penetrar el agua en el cajón y después se quitan las paredes ó tableros laterales, que no estaban sujetos más que por tirantes.

El suelo se ha debido consolidar antes por pilotes ó estacas, y nivelado si esto es necesario.

Encajonamiento.—El encajonamiento es un medio preferible al anterior. Consiste en formar un recinto en el emplazamiento de las fundaciones por medio de pilotes y tablestacas, dragar en el interior de este recinto hasta que se llegue á un suelo incompresible, colocar una capa de hormigón hidráulico de espesor variable en el fondo de la excavación y sobre esa capa levantar la construcción.

Si el fondo ó lecho es de roca y no es posible hincar pilotes se recurre á un cajón sin fondo, cuyas paredes están formadas por vigas y tablones gruesos, sujetos por carreras de cepos horizontales; se sumerge el cajón y después se ejecuta el macizo de hormigón. Por sondeos se determina el perfil de la roca en todo el contorno de la caja y se desmonta lo mejor posible por la parte baja de las paredes, según determinen las sinuosidades del perfil.

Para fundar á grandes profundidades bajo el agua, Pluyette ha hecho uso de un cajón de palastro. Se ha empleado también el cajón de madera sin fondo de Baudemoulin.

Este cajón conviene cuando el espesor del fango ó de la grava movediza no es demasiado grande y el terreno firme no se encuentre á más de 5 ó 6 metros bajo el nivel del agua.

Fundaciones tubulares (para puentes).—Se hace fuera del agua con ladrillos y cemento un apeo ó entibación de pozo, de un diámetro de 3 á 4 metros, con un espesor de $0^{m},50$. Este

apeo se establece sobre un piso flotante de madera y se sumerge por su peso; se eleva 1 metro encima del agua, y cuando descansa sobre el suelo se quita el fondo móvil de madera y se sujeta el apeo verticalmente. Se draga á brazo ó se excava la arena y el fango en el hueco de este pozo, aproximándose todo lo posible á los muros. Este pozo se hinca, y cuando ha bajado $0^m,50$ á $0^m,60$, se construye la fábrica del recinto hasta encima de sus muros una cantidad igual; se excava de nuevo el interior, y así se continúa hasta que el pie de esta especie de columna hueca descanse sobre el suelo resistente. Se echa entonces en el interior una capa de hormigón hidráulico de 1 metro, se agota el agua y se llena la columna con la clase de fábrica de mampostería ó de hormigón que se haya proyectado. Sobre estas columnas se asienta el zócalo de la construcción.

Estas columnas tubulares se hacen también de palastro ó de fundición.

Fundaciones tubulares por medio del vacío.—Un apoyo ó pie hueco, ó un tubo de fundición ó de palastro, de $0^m,35$ de diámetro y $0^m,037$ de espesor, abierto en la parte inferior y cerrado en la superior, se coloca verticalmente sobre un suelo bañado por el agua, y haciendo dentro el vacío por medio de una bomba de aire, el agua se precipita en su interior arrastrando arenas, detritus ó partes sólidas, y el pie se hinca gradualmente bajo la acción de su peso y de la presión atmosférica sobre su base superior. Cuando el tubo esté lleno de agua y de detritus sólidos se le vacia y se vuelve á empezar de nuevo hasta que llegue al suelo resistente; entonces se rellena de hormigón.

Fundaciones tubulares por medio del aire comprimido.—En un tubo de fundición de 1 á 3 metros de diámetro, abierto por la parte inferior y cerrado por la superior (verdadera campana), descansando en el suelo, se comprime el aire que con-

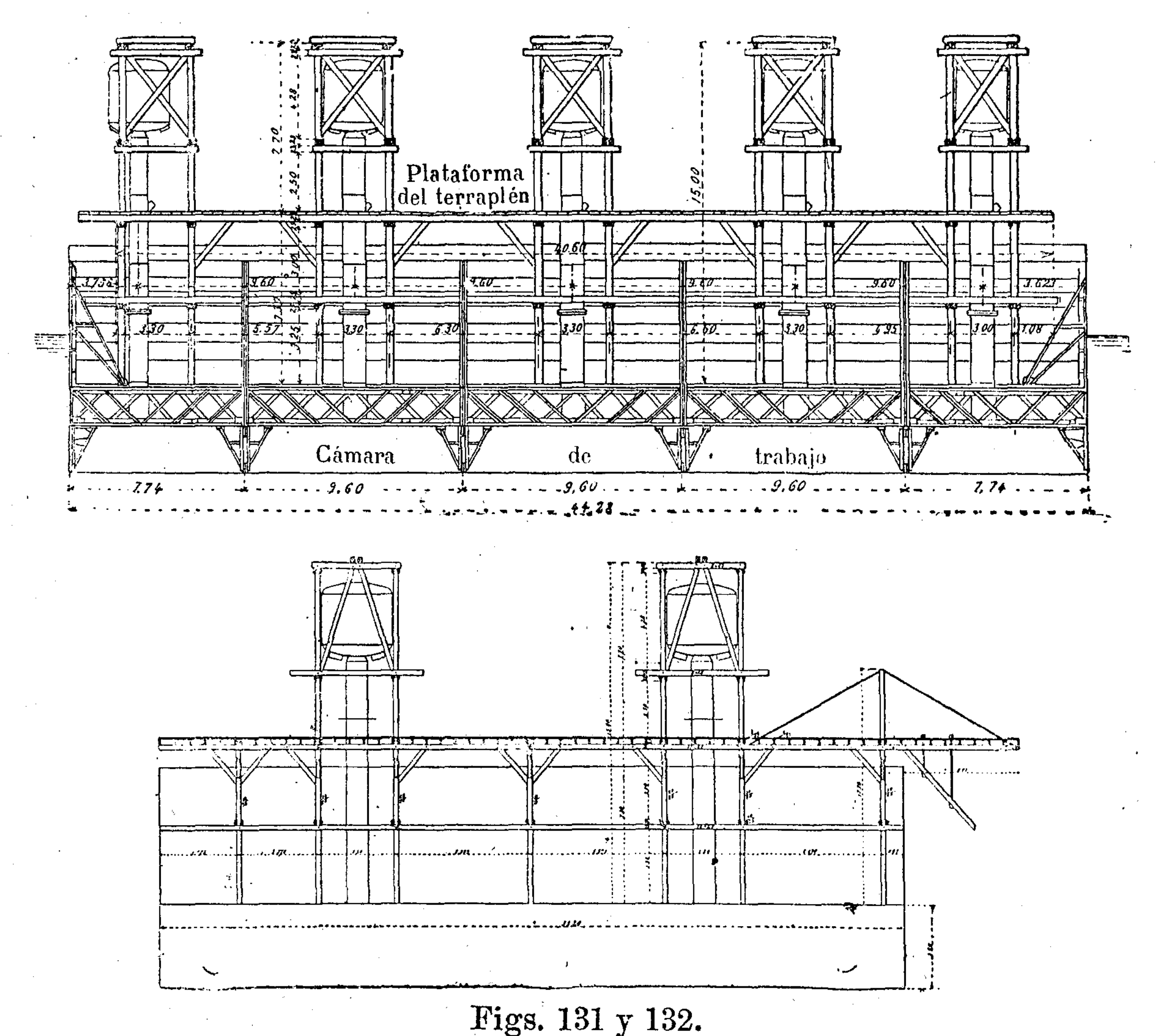
tiene y desaloja el agua del tubo. Entonces se introducen los operarios en el interior, y cavando el suelo hacen descender el tubo hasta terreno firme. Se extiende después en el fondo una capa de mortero de cemento romano, que impide la entrada del agua por bajo, y abriendo el tubo por la parte superior se le rellena de hormigón ó de mampostería. Para hacer posible la entrada y salida de los operarios, así como la de los materiales ó de las tierras, el tubo lleva en su parte superior una ó dos *cámaras de aire* (que también se llaman exclusas ó cámaras de *extracción*), las cuales tienen dos puertas que las ponen en comunicación, una con el aire exterior y la otra con el interior del tubo. A mayor profundidad de 25 metros bajo el agua la presión del aire interior sería tal que los operarios no podrían resistirla. Si el terreno firme no se halla á una gran profundidad y hay inconvenientes para el agotamiento, conviene operar por medio del aire comprimido.

En el *puente de Kehl* se emplearon, para hacer las fundaciones á 20 y 22 metros en un terreno de grava indefinido movible, cajones rectangulares de 7 metros de largo (ancho de la fundación) y de 5^{m},80 de ancho; el techo ó cubierta de cada cajón estaba atravesado por una chimenea de palastro que se elevaba sobre la superficie del agua, descendiendo hasta los bordes inferiores del cajón. En esta chimenea se movía una noria ó draga cuyos cangilones cavaban el suelo en el centro del cajón, donde los obreros echaban el cascajo ó grava.

En el *puente de Alejandro III*, en construcción en París en 1897-98, se han empleado también para las fundaciones cajones metálicos. Estos cajones tienen, como los estribos, la forma de un paralelogramo rectángulo. Cada cajón tiene 44 metros de largo por 33^{m},50 de ancho, y además las chapas fijas ó movibles que sirven para aumentar la altura del cajón formando ataguía, á fin de poder construir las fábricas de los estribos.

Las figuras 131 y 132 representan las secciones longitudinal y

transversal de uno de estos cajones de palastro de 6 milímetros de espesor. El interior del cajón está dividido en dos partes por un techo que separa la cámara de trabajo de la parte superior. Esta cámara comprende cinco compartimientos que se comunican entre sí, porque la parte central de estas separaciones es de celosías.



Figs. 131 y 132.

En el techo de la cámara de trabajo hay diez aberturas circulares, en las que se adaptan otros tantos trozos de chimenea fijos de 1m,80 de altura; á estos trozos se les van empalmando otros, para que las cámaras de equilibrio ó exclusas de aire que van colocadas en los extremos superiores de las chimeneas queden á la altura conveniente á medida que el cajón va descendiendo con

la excavación. Igualmente se empalman las paredes del cajón por medio de chapas que aumentan la altura de éste convenientemente, conforme se verifica su descenso. Las chimeneas atraviesan el espacio que ocupan las fábricas construídas sobre el techo de la cámara de trabajo suficientemente reforzado. El peso de esas fábricas, á medida que la excavación se profundiza, favorece la hinca del cajón, y una vez llegado con éste al terreno firme para fundar, se maciza con hormigón hidráulico ó mampostería la cámara de trabajo, se desmontan los trozos de chimenea siempre que sea posible y los pozos que éstos dejan en la fábrica se rellenan de hormigón hidráulico.

Una plataforma general sobre andamios pone en comunicación al exterior unas cámaras de aire con las otras, y sirve para instalar sobre ella las vías Decauville por las que circulan las vagonetas, en las que por las exclusas de aire se descargan las tierras procedentes de la hinca de los cajones.

Fundaciones sobre terreno compresible.—En los terrenos movedizos y compresibles se llega á obtener cierta resistencia regándolos y apisonándolos fuertemente é hincando estacas de madera, que después se arrancan para llenar el agujero que dejan con mortero ú hormigón bien apisonado. De estos apoyos de hormigón se ejecutan tantos como sean necesarios para hacer el terreno resistente, y después se tiende una capa de hormigón bien apisonado. Cuando el terreno está constantemente seco se puede emplear arena en vez de mortero ú hormigón.

Las estacas tienen 1 ó 2 metros de largo y 0^m,18 á 0^m,25 de diámetro en la parte superior; la cabeza debe estar provista de un *zuncho* de hierro para resistir los golpes de la maza ó pilón; está atravesada por un agujero, en el que se coloca una barra de hierro que sirve durante la hinca para mover y girar la estaca á medida que se introduce en el terreno, dejando alisadas las paredes del agujero en el terreno, que les da cierta consistencia

para permitir echar dentro el hormigón sin que se desmoronen. Ese movimiento que se da á la estaca facilita el sacarla cuando penetró lo bastante.

Algunas veces, después de haber consolidado el terreno, si es necesario, por medio de estos apoyos de hormigón, se le cubre con un macizo de arena de río de $0^m,60$ á 1 metro, que se forma por capas sucesivas de $0^m,15$ á $0^m,20$, apisonadas y mojadas con una lechada espesa de cal.

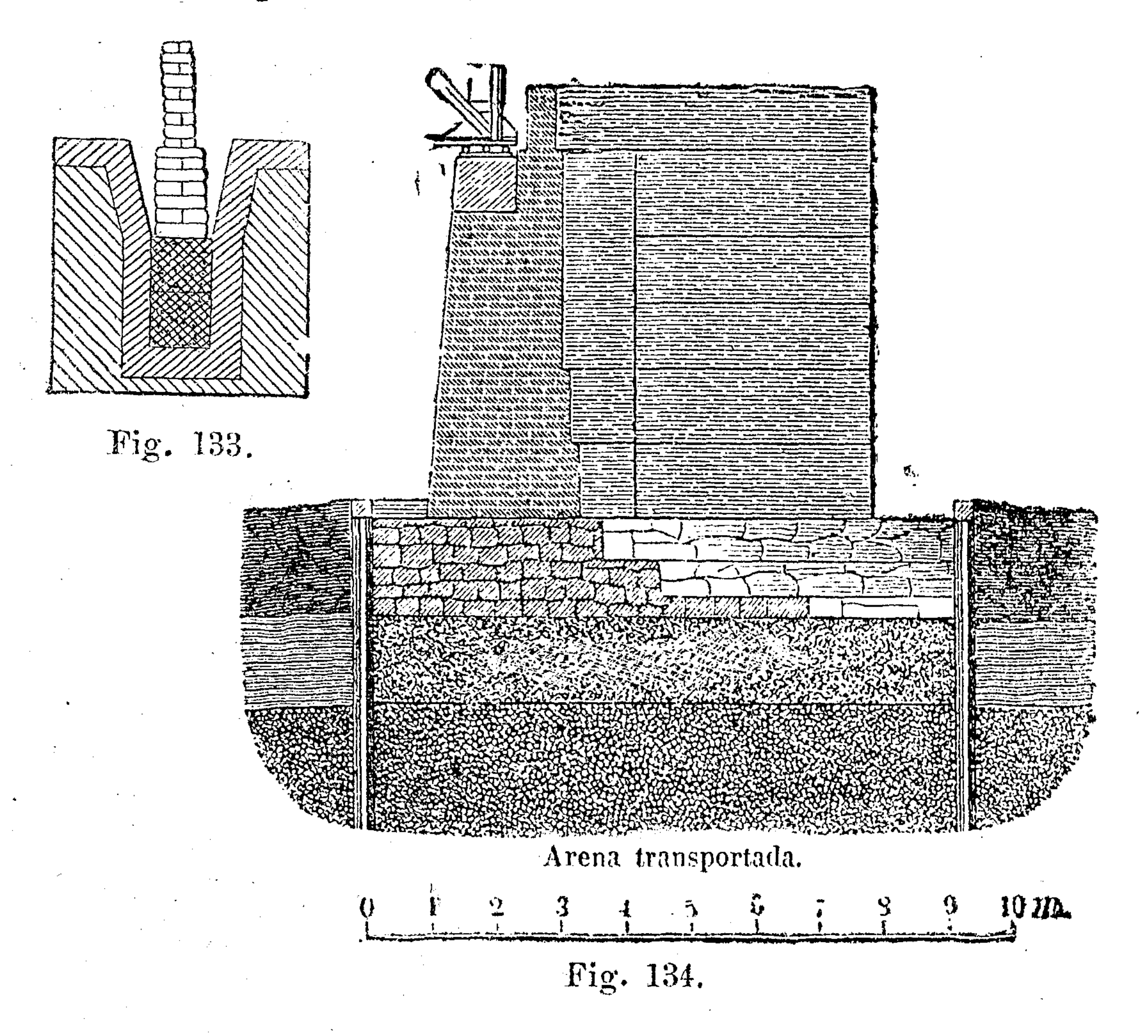


Fig. 133.

Fig. 134.

Este macizo, que se cubre de hormigón hidráulico bien apisonado, de $0^m,80$ á 1 metro de altura, es incompresible y reparte uniformemente la carga (fig. 133); tres ó cuatro días después, cuando el hormigón ha hecho clavo, se pueden construir encima las *hiladas* de mampostería.

Para establecer ciertas fundaciones de pilares se excava el te-

rreno hasta un metro por debajo del nivel á donde se quiere colocar la base de los pilares; se llena la excavación de arena, pero apisonándola bien con un pisón; después se establece encima la fábrica de mampostería con mortero ordinario, y por último la hilada de sillería que forma el basamento. Este medio se recomienda para terrenos sin consistencia (fig. 134).

En Alsacia, donde la madera es barata, cuando se quiere sondar en un terreno fangoso se escogen fuertes piezas rollizas de $0^m,08$ á $0^m,10$ de diámetro y se las mete en el suelo una al lado de otra muy apretadas. Esta operación hace elevar el fango encima de estos pequeños pies, y se le separa á medida que se eleva. Se obtiene así un suelo artificial bastante resistente, sobre todo si entre estos rodillos se ha podido hacer penetrar gravas ó tierra arenosa.

Traveseros.—Los traveseros son piezas de carpintería que tienen más grueso que ancho, de $0^m,30$ por $0^m,12$ (tablones), que se colocan bien á nivel sobre suelo compresible, y sobre las

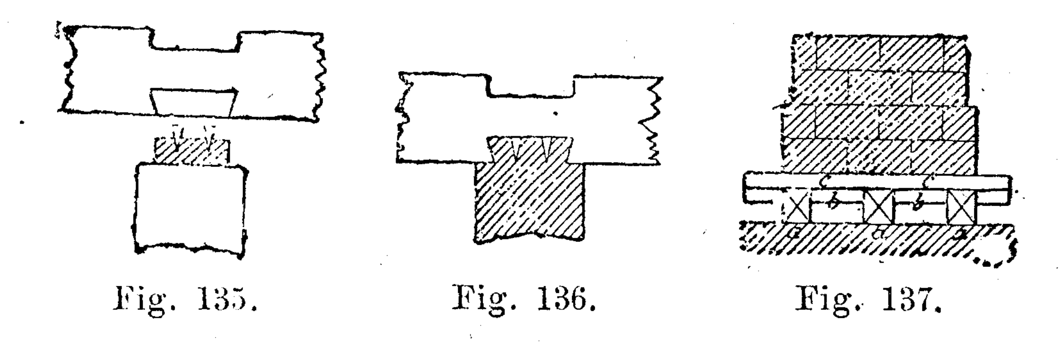


Fig. 135. Fig. 136. Fig. 137.

que se fija con clavijas una plataforma de maderos de roble de $0^m,085$ de espesor, como la de la figura 118. Estos traveseros se separan $0^m,80$ á $1^m,20$ de eje á eje. Antes de colocar la plataforma se rellenan con hormigón sus intervalos ó con mampuestos asentados con mortero. Sobre esta plataforma se establece la fundación.

En un suelo consolidado por estacas de madera ó apoyos de hormigón se puede emplear una plataforma de madera para re-

partir bien la presión; también se emplea á menudo una buena capa de hormigón.

Las figuras 135 y 136 representan la manera de ensamblar esas piezas de madera. El pilote ó pié derecho tiene una espiga, que puede ajustarse en una mortaja hecha en la pieza de madera que hace las vecos de travesero ó de larguero colocado en la parte superior ó carrera de los pies derechos (1). Esta mortaja va ensanchándose y está completamente llena por la espiga que se abre por la introducción de cuñas de madera ó de hierro, como se representa en la figura.

Las figuras 137 y 138 representan el alzado y el plano de un emparrillado: *a*, largueros longitudinales; *b*, traveseros, y *c*, maderas de la plataforma.

Fig. 138.

La fábrica debe construirse elevándola regularmente sobre toda la extensión del macizo ó de la plataforma, á fin de que los asientos sobre el terreno sean iguales, repartiéndose así la presión lo más uniformemente posible.

A los pies derechos de roble se les puede cargar con $0^{kg},35$ por milímetro cuadrado, ó sea 35 kilogramos por centímetro cuadrado.

Cuando el terreno del suelo es *muy compresible* se le hace adquirir alguna solidez cargándole con piedras, que se las coloca haciéndolas entrar por la parte más gruesa, formando una especie de empedrado, á fin de que la elasticidad del terreno no las levante, ó bien metiendo las piedras entre los pies derechos. Sobre el suelo así preparado se asienta la plataforma de madera ó la capa de hormigón, y no es de temer su rotura.

(1) Se llama *carrera* una pieza de madera horizontal colocada en la cabeza de otras piezas verticales.

Fundaciones en suelo arcilloso humedecido por las aguas.—En virtud de su viscosidad y de su elasticidad, estos terrenos se parecen á los líquidos: transmiten la presión en todos sentidos y se hunden desigualmente á poco que deje de estar la carga repartida uniformemente; los pilotes no tienen adherencia y tienden á salirse cuando se hincan los inmediatos. Es preciso recurrir á plataformas de grande extensión y de anchas bases, repartir las presiones con una gran uniformidad y á menudo cargar con terraplenes provisionales los bordes de la construcción.

Cuando estos terrenos son inundados es preciso recurrir á la vez á los medios para fundar bajo el agua y á los que corresponden á los terrenos compresibles.

En un terreno formado por *arena movible*, es decir, que descubierto se hace fluido algunas veces por el agua de algún manantial que le cruza, debe hacerse la fundación construyendo la fábrica en pequeñas porciones y empleando mortero muy hidráulico; pero es preciso bajar lo menos posible en esta arena y no dar á la excavación más ancho que el de las hiladas.

La primera de estas hiladas debe formarse con grandes piedras, y antes de colocarlas es conveniente extender sobre el suelo cal hidráulica en polvo ó cemento de Vassy. Cuando la arena es muy movediza se cubre el fondo de la pequeña excavación con una fuerte tela impermeable y se echa inmediatamente encima un buen macizo de hormigón.

Materiales para fundaciones.—Para las fundaciones es preciso emplear morteros cuya confección se haya hecho con poca agua y bien batidos, desechando los morteros poco sólidos, así como respecto á las piedras deben también desecharse las blandas; tomar piedas duras de canteras que las produzcan, con buenos lechos de asiento ó en su defecto grandes mampuestos; éstos deben asentarse á baño flotante de mortero, golpeándolos con el

martillo. No debe hacerse mampostería con piedra pequeña, sino proporcionada á la construcción, empleando solamente la más estrictamente precisa para ripiar los huecos y paramentar ligeramente los mampuestos.

Enrases.—Para fundar las pilas de los puentes, escolleras, etcétera, sobre fondos movibles sometidos á la acción de grandes corrientes ó á grandes profundidades de agua, es preciso hacer un enrase, es decir, un macizo de mampostería con piedra en seco, que se construye simplemente arrojando las piedras en el agua. Se construyen estos enrases á manera de defensas al rededor de las fundaciones para preservarlas del efecto de las socavaciones.

Los materiales que se emplean deben ser duros y de diversos tamaños, á fin de que al lanzarlos se entrelacen unos con otros. Los bloques más pequeños deben lanzarse en el fondo del lecho de fundación; para la construcción de una escollera se forma la primera capa con bloques naturales de $0^{mc},030$ á $0^{mc},040$; la segunda, con bloques de $0^{mc},035$ á $0^{mc},055$; la tercera, de $0^{mc},500$ á $1^{mc},500$, y se termina por una capa de bloques artificiales de hormigón de 5 á 15 metros cúbicos.

Para las defensas ó enrases en los ríos, los bloques más pequeños cubican $0^{mc},040$ y los mayores $0^{mc},100$.

Fundaciones bajo el agua.—Para trabajar bajo el agua se pone en seco el recinto necesario, formando un dique con tierra arcillosa al rededor del emplazamiento de la obra; se hace el agotamiento y se sostiene en seco por medio de bombas (fig. 139). Cuando se ha sacado la obra fuera de la altura del agua se quita el dique.

Si la altura del agua donde ha de hacerse la fundación excede de $0^{m},60$ á $0^{m},80$, y según la velocidad de la corriente resulta inútil el dique de tierras, debe sustituirse por una ataguía for-

mada de doble fila de pilotes y tablestacas, entre las que se apisona la arcilla.

Se puede también fundar bajo el agua haciendo un encajonamiento. Cuando las fundaciones son de hormigón y es preciso circunscribir en el agua el espacio en que se han de ejecutar, se

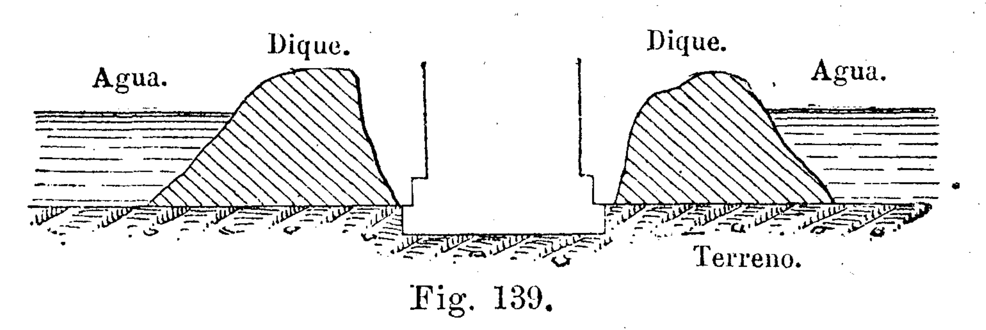


Fig. 139.

puede trabajar en seco hincando una fila de pilotes exteriores D, que formen recinto é hincados hasta por debajo de la capa de hormigón, uniéndolos para impedir la penetración del agua y sujetándolos encima de ésta por medio de travesaños (fig. 140).

En el fondo del recinto así formado se coloca el macizo horizontal de hormigón A. Antes que este hormigón esté completamente fraguado, ó sea á los dos ó tres días, se hinca á $0^{m},65$ ó 1 metro de la primera fila de pilotes gruesos un tabique *b*, formado por tablestacas labradas en chaflán ó en bisel en su parte inferior, de modo que éstas entren de 8 á 10 centímetros en el macizo de hormigón. Estas tablestacas se sujetan en su parte superior, encepándolas entre dos piezas de madera longitudinales *c*. Se llena entonces de hormigón el espacio BB, entre la fila exterior de pilotes y las tablestacas, hasta una altura algo mayor que el nivel del agua. Cuando el hormigón haya fraguado ó se haya endurecido lo bastante se agota el espacio comprendido entre el fondo y estos muros, y entonces se construye en seco.

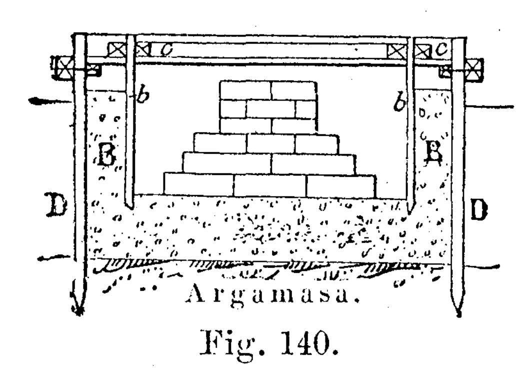


Fig. 140.

En el procedimiento de fundación hidráulica empleado por

Mr. Neukirch, ingeniero de Brême, en 1891, en lugar de dragar ó desmontar la capa de arena ó grava de más ó menos espesor que recubría bajo el agua el terreno firme, se endureció por la penetración de una materia pulverulenta que fraguaba ó se endurecía como el mortero.

Fué preciso fijar un recinto por medio de tablestacas para el emplazamiento de la fundación; la penetración del cemento en polvo, tal como lo expende el comercio, se obtiene por medio de una insuflación radiada bajo la presión de una fuerte corriente de aire. El aparato, muy sencillo, consiste en un tubo de hierro en cuya extremidad, terminada en punta, tiene varios agujeros, cuyo tubo está unido á una bomba de aire por otro de caucho. Este tubo tiene una cabria sostenida por un trípode, de modo que pueda introducirse hasta el terreno firme. Las introducciones sucesivas están espaciadas entre sí de 20 á 30 centímetros, y la cantidad de cemento que corresponde á cada una de ellas está determinada por esos espacios y por la profundidad de la fundación. El cemento se coloca en un compartimiento especial de hierro á manera de una tolva que tiene un cierre movible.

Se empieza por descender el tubo bajo la presión de una corriente de aire puro, cuya acción sobre el fondo le fija en su posición; de este modo, en la arena húmeda puede obtenerse una introducción de 4 metros en medio minuto de tiempo. Cuando se llega á la profundidad deseada se deja pasar el cemento que arrastra la corriente de aire, penetrando en la arena próximamente mientras se seca lentamente el tubo.

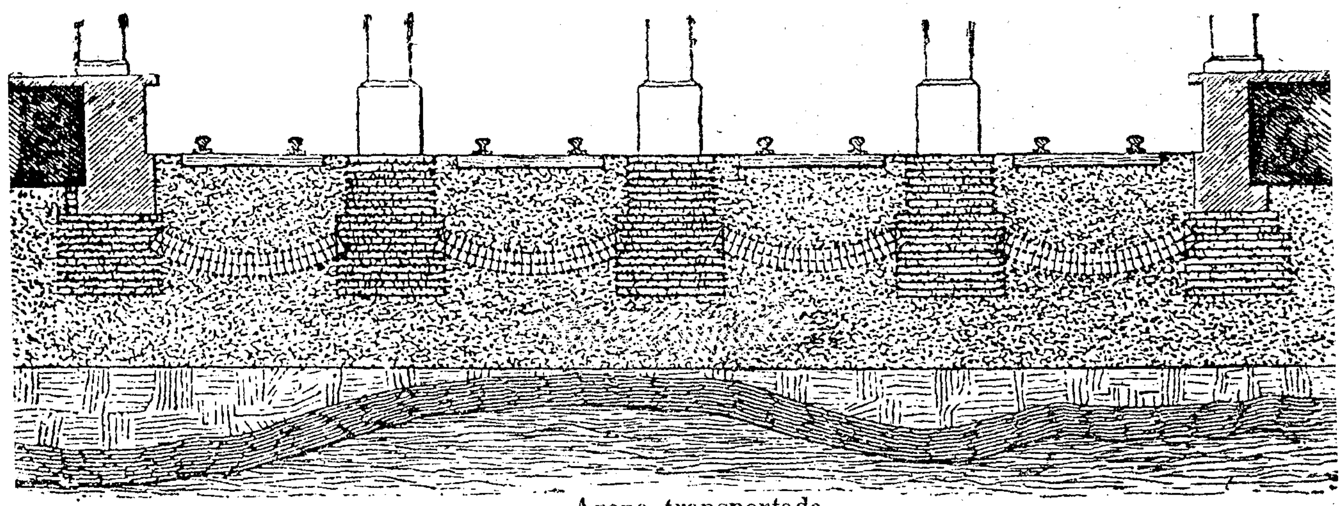
Esta penetración determina una especie de ebullición de la arena y del cemento, lo cual produce una mezcla perfecta. La solidificación completa bajo el agua exige algunas semanas, como para el hormigón.

Empleo de las arenas para fundaciones.—La arena se emplea á menudo para repartir el peso de las construcciones.

Este medio es impracticable en un terreno muy blando, pero en terreno bastante consistente, en el que pueda encajonarse la arena, su empleo es muy económico.

Se puede empezar por quitar el terreno blando, profundizar hasta $0^{m},60$ ó $0^{m},90$ y en seguida llenar de arena este espacio, apisonándola por capas sucesivas.

El empleo de la arena en pilas verticales es poco costoso y eficaz.



Arena transportada.

Fig. 141.

Se hacen las pilas de arena cavando la tierra donde han de instalarse y llenando los pozos que resultan con arena bien apisonada.

Un macizo de arena de 2 metros de espesor, en condiciones ordinarias, puede soportar hasta 30.000 kilogramos por metro cuadrado ó 3 kilogramos por centímetro cuadrado.

Cuando en un muro hay aberturas anchas y la presión se halla repartida en algunos puntos aislados, como en el caso de una pared delantera de un edificio (fig. 141), se unen estos puntos por bóvedas invertidas inferiores, á fin de cargar la arena de una manera más uniforme.

Sótanos.—Los sótanos deben, tanto cuanto sea posible, estar secos y situados con la bastante profundidad para que la tempe-

ratura se mantenga entre 12 y 14°, tanto en verano como en invierno.

En las industrias rurales *vinícolas*, las *bodegas* y *sótanos* se sitúan en un sitio retirado. Se las instala poniéndolas generalmente un piso bien afirmado; el almacén donde se deposita la vendimia dividido en dos partes, en una se sitúa la *prensa* y en otra las *pipas* ó tinas; á uno y otro lado las bodegas; debajo los sótanos. Un edificio destinado á este objeto debe estar aislado de otras construcciones, y lejos de depósitos de estiércol, cuadras y locales en que se produzcan vibraciones.

En las grandes explotaciones vinícolas los lagares constituyen un establecimiento especial; contienen los edificios destinados á este objeto una cámara, una cocina, habitaciones para el vigilante vendimiador, locales destinados á las prensas, pipas, y debajo se sitúan las bodegas y sótanos.

En los edificios ordinarios, el ancho de los sótanos está determinado por el de las construcciones.

Construcción.—Cuando con las excavaciones se ha llegado á la profundidad del suelo de los sótanos, si el terreno es sólido ó consistente no hay más que profundizar á 0,25 ó 0,30 metros las *zanjas* para la fundación de los muros gruesos.

Si el terreno es húmedo, es preciso cavar el suelo de los sótanos 0,30 ó 0,40 metros, según la presión del agua, y establecer una *plataforma* general de hormigón hidráulico de ese espesor antes de construir los muros. Esta plataforma general puede quedar asegurada en su estabilidad por medio de una bóveda invertida (véase la pág. 80) de medio ladrillo de espesor y cuyos arranques estarían en los muros, sirviendo éstos de estribos.

Para mayor precaución y asegurar la estabilidad, antes de hacer la bóveda de ladrillo se da un enlucido con cemento ó con hormigón hidráulico al terreno que sirve de directriz, y después de hecha la bóveda se la da un segundo enlucido; también á los muros se les da enlucido con cemento.

Cuando las fundaciones de los muros se han macizado hasta la altura del suelo de los sótanos, se colocan las *maestras* para levantar los muros de fachada y los divisorios, que ordinariamente sirven de estribo á las bóvedas; se trazan sobre el enrase de las fundaciones los huecos de las puertas, y se empieza el asiento de los pasos de escalera para los sótanos.

Cuando los muros se han elevado hasta la altura de los arranques de las bóvedas se enrasan á esa altura, se colocan las cimbras, se construyen las bóvedas y después se rellenan los *riñones* con mampostería ú otros materiales. Este relleno se enrasa á la altura del nivel del trasdós, para poder asentar encima el embaldosado del suelo ó las soleras donde descansan las viguetas que le forman, cuya disposición se indica en la figura 142, que representa el corte vertical de un sótano, del que la fundación de un muro de contorno, así como el de fachada, forman la pared que da á la calle.

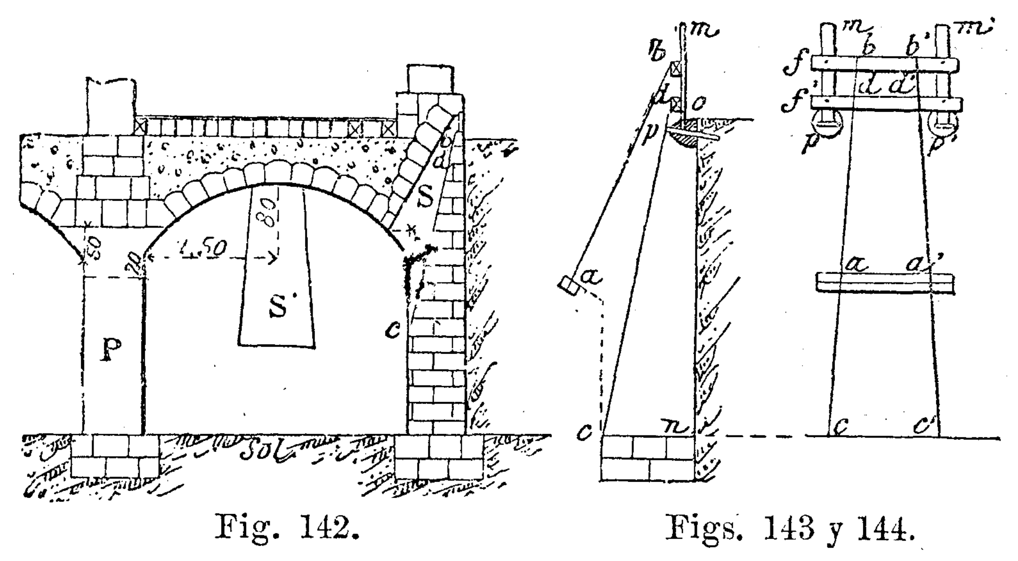


Fig. 142. Figs. 143 y 144.

Penetraciones en las bóvedas de los sótanos.—La figura 142 representa también las penetraciones que se hacen frecuentemente: 1.ª, un tragaluz ó ventilador S en el pie derecho de la bóveda; 2.ª, un tragaluz S' en la pared de la calle; 3.ª, una puerta de comunicación P de 1 metro de ancho, con arco de medio punto penetrando en la bóveda del sótano.

Para establecer un *ventilador* ó tragaluz, se interrumpe la construcción del muro en la parte superior de donde arranca el ventilador *c* (figs. 143 y 144); se establece ese arranque perfectamente de nivel; después se colocan dos *maestras* horizontales *f*, *f'*, de modo que sus aristas superiores é interiores se encuentren en el mismo plano y que coincidan con las aristas superiores *b* y *d* de los planos inclinados del ventilador. Dos pequeños montantes *m*, *m'* fijados sobre los dos piquetes *p*, *p'*, sujetos al escarpe *on* de la excavación y asegurados con yeso, sujetan las maestras. Hecho esto, se marcan los anchos *bb'* y *dd'* sobre las maestras *f*, *f'*, que determinan el ancho del ventilador en su parte superior, y por clavos fijados en la mampostería, en *c*, *c'*, el ancho en la parte inferior; se trazan dos líneas *cd* y *c'd'* que sirven de guía en el asiento de los mampuestos, formando el plano inclinado inferior *cd* del ventilador, y determinan los ángulos entrantes por dos líneas *ab* y *a'b'*, fijadas por un extremo á la maestra *f* y por el otro á los clavos establecidos en *a* y *a'* en los asientos de la cimbra de la bóveda del sótano. Fijadas de este modo las cuatro líneas es fácil hacer las cuatro caras ó planos que forman el ventilador al construir la bóveda.

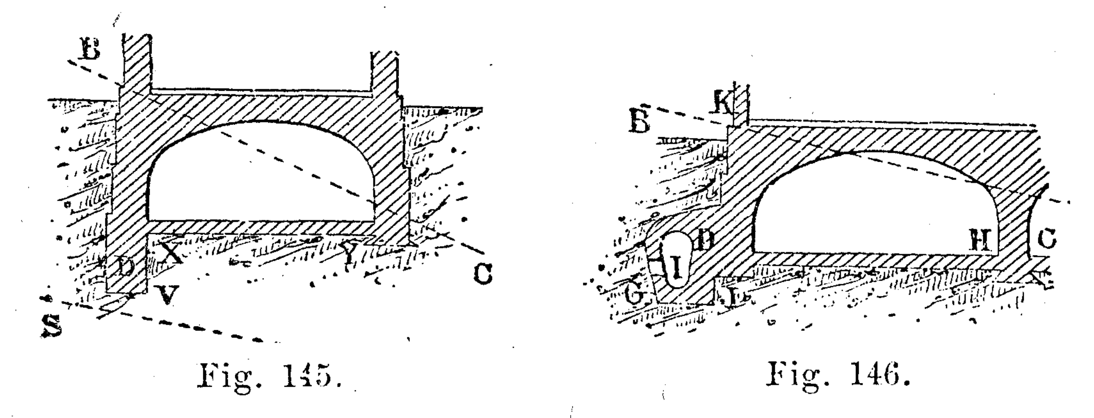


Fig. 145. Fig. 146.

Fundaciones de los sótanos.—La figura 146 representa la sección de un sótano en que el fondo de la fundación ha de establecerse según XY, y destinado á un edificio que ha de levantarse sobre un terreno arcilloso, cuya pendiente está indicada por la línea BC. Será preciso empezar por establecer en la parte

de arriba de los sótanos que se instalen en estas condiciones y delante del muro JK que se va á fundar un canal de desagüe ó tajea D, con aberturas G del lado de arriba opuesto al edificio y bien apoyado sobre el lado J; observando que la solera I de este canal debe situarse algo más baja que el fondo XY de las fundaciones, y que la pendiente sea suficiente y de una longitud bastante grande para desalojar lejos las aguas recogidas en dicho canal.

Esta derivación de las aguas evitará la humedad de los sótanos, el depósito de salitre en los muros y también la de las primeras hiladas del basamento K.

Si las condiciones no permiten hacer el canal de saneamiento ó tajea de desagüe, es preciso bajar con las fundaciones del muro de la parte de arriba O (fig. 145) á un nivel inferior de las fundaciones del muro de la parte de adelante.

Será preciso aplicar sobre la cara *exterior* del muro de la parte de arriba O una capa de cemento romano, continuándola un poco por el borde de los muros exteriores inmediatos al O; siempre que sea posible, es conveniente hacer el asiento de este muro sobre una capa de hormigón hidráulico bien unida á este enlucido, La capa de arcilla (fig. 145) quedará seca, porque las aguas estarán obligadas á desviarse según la dirección ST.

Fig. 147.

Un medio de que resulten *secos* ó *saneados* los recintos ó locales que se establezcan contra el terreno consiste en construir un contramuro aislado A (figura 147), y dejar un espacio entre este contramuro y el muro del local subterráneo que se trata de preservar de la humedad.

Estos dos muros deben estar separados uno del otro y enlazados entre sí por tizones BBB de ladrillos ó mampuestos, colocados de trecho en trecho al tresbolillo para mantener la separación de los dos muros, impidiendo al contramuro ceder por la presión de las tierras. Es preciso esta-

blecer á un nivel inferior al suelo interior y al pie de la fundación un badén adoquinado C, en pendiente, para recoger las aguas que salen por mechinales establecidos en el contramuro.

Empleo de la arcilla para hacer impermeables los sótanos en que haya filtraciones.—Mr. L. Lhœst, ingeniero en Maestricht, ha empleado tierra gredosa para hacer impermeable un sótano, cuyo suelo está más bajo que las aguas del río Meuse.

Este sótano, del que á continuación damos una sección longitudinal (fig. 148), tiene 13 metros de longitud por 6 metros de ancho. En el croquis, la parte rayada representa los muros de fábrica, y el filete negro los rellenos con tierra gredosa.

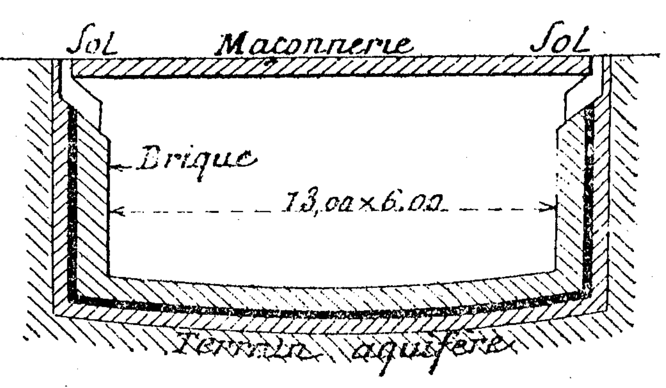


Fig. 148.

EXPLICACIÓN: *Sol*, suelo. — *Maconnerie*, fábrica.— *Brique*, ladrillo. — *Terrain aquifere*, terreno acuoso.

La superficie inferior de la excavación es cóncava, á fin de dar á la solera la forma de una bóveda invertida. Sobre este fondo, bien apisonado, se han construído dos hiladas de ladrillos puestos de plano, sobre los que se ha extendido una capa de tierra gredosa de $0^{m},10$ de espesor, secada de antemano, molida, tamizada, bien apisonada y cubierta después con una hilada de ladrillos puestos en seco, es decir, sin mortero.

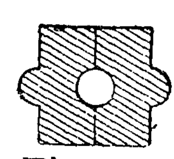
Las juntas de esta solera de ladrillo se rellenaron con tierra gredosa y se la enlució con una capa de mortero; fué construída en forma de bóveda invertida de $0^{m},50$ de espesor, con una flecha de $0^{m},25$. Los pies derechos se construyeron por tramos sucesivos de $0^{m},20$ á $0^{m},25$ de altura. Estos pies derechos están formados por dos muros, uno interior de $0^{m},75$ de espesor y otro

exterior con medio ladrillo de grueso, dejando entre ambos un espacio de 8 á 10 centímetros, destinado á recibir la tierra gredosa que se introducía cuando estos muros tenían una altura de $0^m,25$. Después de bien rellenos se elevaban nuevamente otros $0^m,25$ y se llenaba su intervalo con la tierra gredosa, continuando así sucesivamente hasta una altura igual á la profundidad del sótano, que en este caso era $1^m,85$.

Conviene emplear en polvo la tierra gredosa, porque es preciso así para su colocación en obra en buenas condiciones; no trabajar más que durante un tiempo seco, ó resguardar la construcción por una cubierta provisional. Se puede, sin embargo, emplear la greda en pasta plástica bien amasada. Esta construcción necesitó 2.500 kilogramos de tierra gredosa.

Drenaje *(saneamiento)*.—El drenaje consiste en la operación de desecar el terreno quitándole las aguas que contiene, sea en estado permanente ó sea accidentalmente por consecuencia de inundaciones.

Se puede sanear el terreno colocando tubos de barro ó *drenes* que desaguan por el subsuelo, en un río ó en otro desagüe, el exceso de humedad que afluye á ellos. Los tubos de barro cocido se colocan en las trincheras ó zanjas, lo más á menudo de $0^m,50$ á $0^m,60$ de ancho ó de distancia y á $1^m,40$ ó $1^m,50$ de profundidad.


Fig. 149.

Los drenes son de sección circular ú ovoidea y están unidos por manguitos. Para vigilar su funcionamiento se establecen registros de trecho en trecho, que se cubren con una teja fuerte ó con una piedra plana. En los terrenos de turba se construyen los *drenes* cortando prismas en la turba, que una vez secos se colocan en las trincheras según se indica en la figura 149.

Algunas veces es preciso sanear los muros de fundación, y entonces se les atraviesa por conductos que dirijan las aguas á una cuneta de desagüe.

Esos conductos ó drenes deben instalarse á profundidades que varían desde $0^m,50$ á $1^m,90$. La separación de ellos en las tierras ligeras y suelos porosos puede llegar hasta 12 metros; en las tierras de una densidad media, $5^m,60$ á $7^m,25$; en las tierras fuertes y compactas, $3^m,90$ y 3 metros.

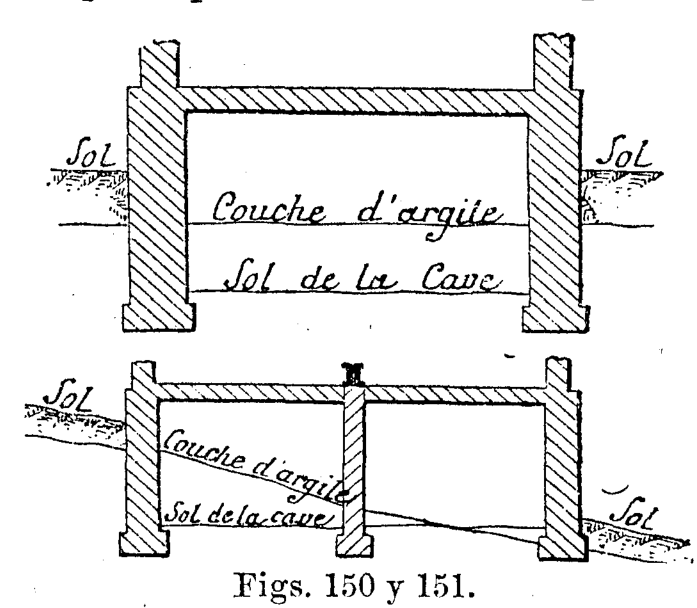
Se debe favorecer todo lo posible la salida de las aguas con rapidez, sin que por eso se dé á los conductos una pendiente demasiado fuerte; en los terrenos de poca pendiente, para dirigir los desagües debe elegirse la línea de máxima pendiente. Si el terreno tiene una gran inclinación, se dará á los conductos la dirección de la mínima pendiente, aproximando unos á los otros á fin de distribuir el agua en un gran número de conductos y evitar una rotura por la fuerza de aquélla.

En la práctica ocurren dos casos frecuentemente:

1.° En una meseta, con capa impermeable más alta que el fondo de la excavación ó solera del sótano (fig. 150).

En este caso se empleará un sumidero absorbente que recibirá las aguas de los conductos, á menos que sea posible canalizar económicamente, por hallarse próximo algún valle ú hondonada.

2.° En media ladera, con capa impermeable, hallándose ésta más alta que el fondo de la excavación ó del suelo del sótano hacia la parte de arriba y más baja en la parte opuesta (fig. 151).



Figs. 150 y 151.

Explicación: *Sol*, suelo.—*Couche d'argile*, capa de arcilla.—*Sol de la cave*, suelo del sótano.

En este segundo caso se recogerán directamente las aguas de la parte alta por un canal con conductos laterales que las dirijan por debajo de las fundaciones.

Defensa de los edificios contra la humedad.—Para que resulte saneado un piso bajo debe elevarse algunos escalones sobre el suelo exterior de la calle y estar situado sobre sótanos abovedados ó cocinas bien saneadas.

Contra la humedad del suelo, como medio de aislamiento, se guarnece la hilada inferior con una capa de betún impermeable, de cemento ó de asfalto, extendida en todo su ancho y longitud. Una *corriente de aire* que circula entre las soleras donde descansan las viguetas que forman el suelo mantiene una sequedad permanente.

Se hace también uso de *placas asfaltadas*, hechas de papel, de cartón ó de fieltro asfaltado, ó de *cáñamo embreado*. Se venden estas placas de todas las longitudes, con un ancho de $0^{m},81$. Se pueden obtener así superficies impermeables indefinidas, colocándolas á $0^{m},05$ entre la fundación de un edificio y la fábrica que encima ha de alzarse (ó también entre el trasdós de una bóveda y su carga). Por su ductilidad y su flexibilidad estas placas no se rompen ni quiebran cuando se tiene precaución de enrasar bien las fábricas, antes de colocarlas, por medio de una hilada alisada de piedra ó de ladrillos. También se emplean estas placas como preservativo contra la humedad en los muros. El cáñamo embreado se emplea también para cubiertas de tejados.

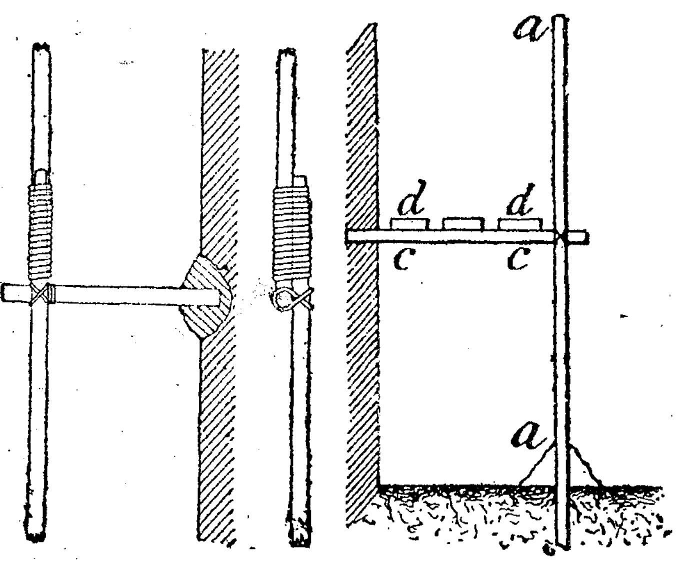
La pizarra se emplea como obstáculo á la humedad de los subsuelos. Los muros de las nuevas construcciones en sitios húmedos se cubren frecuentemente de una sustancia cristalina (*salitre*), que sale al exterior atravesando las capas de la pintura y que cae en escamas. Se evita en parte este efecto destructor proscribiendo en absoluto el empleo del agua y de la arena de mar para confeccionar el mortero. Según Kuhlmann, la *silicatización* de los morteros impide la producción del salitre y evita eficazmente la humedad de los muros.

Para los enlucidos, consultar nuestro tomo VIII.

ANDAMIADAS

Las andamiadas son construcciones de madera provisionales, fijas ó movibles, destinadas á sostener los operarios y los materiales durante la construcción ó la reparación de un edificio cualquiera.

Andamiadas corrientes.—Las figuras 152 y 153 representan el *andamio ordinario de casa,* con madera de pino ó de aliso, formado de *zancas, perchas* ó *travesaños,* piezas verticales (recibidas por debajo, penetrando 1 metro en el suelo ó simplemente sostenidas por medio de un macizo ó solera recibida con yeso ó mampuestos); *hileras,* piezas longitudinales que unen juntas en sentido *transversal* todos los almanques de un mismo piso; *almanques,* piezas horizontales normales al paramento del muro, sujetas por un extremo á las zapatas de los pies derechos y por el otro introducidas 0m,10 en los mechinales del muro, si es de mampostería. Si el muro es de ladrillo ó de sillería, el almanque debe sujetarse por el otro extremo á los montantes de un hueco por la parte interior del edificio. Las figuras 154 y 155 presentan dos casos diferentes.



Figs. 152 y 153.

Estas diversas piezas están ligadas entre sí por cuerdas de cáñamo y de alambre. Los pies derechos *(zancas)* tienen de 5 á 10 metros de largo y $0^{m},10$ á $0^{m},25$ de diámetro; éste disminuye de abajo arriba.

Figs. 154 y 155.

EXPLICACIÓN: *Scelle aux 2 extrêmités*, recibido por las dos extremidades.

La separación de estas zancas es próximamente de 2 metros; se las eleva hasta $1^{m},50$ poco más ó menos del pie del muro que se construye. Para prolongar una de estas piezas verticales se ata una segunda pieza á la parte superior de la primera por medio de una cuerda que dé varias vueltas, de modo que la ligadura tenga 2 metros de largo *(empalme)*.

La zanca superior debe fijarse á un almanque ó á una hilera, y debe apoyarse además sobre tarugos ó sobre un sostén colocado contra la zanca inferior, prolongado hasta el terreno.

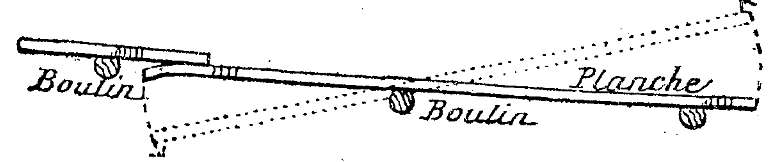


Fig. 156.

EXPLICACIÓN: *Boulin*, almanque.—*Planche*, tablón.

Cada piso formado por los almanques dista uno de otro $1^{m},70$ á $1^{m},85$; los almanques tienen $2^{m},50$ de largo y $0^{m},10$ á $0^{m},15$ de diámetro. Las hileras se forman con tablones, ó mejor con maderas rollizas de $0^{m},10$ de diámetro.

Los tableros de la andamiada están formados por tablones de

4 metros de largo, $0^{m},30$ á $0^{m},35$ de ancho y de $0^{m},03$ á $0^{m},05$ de espesor; provienen generalmente de madera usada en otras obras y se colocan sobre los almanques de modo que no puedan bascular ni deslizarse horizontalmente. Estos tableros deben asegurarse en sus cabezas por los extremos con chapas delgadas de hierro, á manera de zuncho que los sujete.

Es preciso tener gran cuidado para evitar *basculamientos* en los tablones colocados casi en equilibrio sobre los almanques (figura 156), que ocasionan á menudo accidentes desgraciados.

El arriostramiento ó sujeción por medio de piezas de madera diagonales es útil, pero el apuntalamiento de las zancas ó pies derechos no es admitido delante de la fachada más que cuando en nada impida la circulación por la calle.

Las *escalas* que ponen en comunicación los diferentes pisos de la andamiada deben colocarse bien sujetas en sus dos extremos, y conviene reforzarlas en su parte media con un trozo de madera para disminuir su flexión cuando son muy largas. Los escalones tienen generalmente una separación de $0^{m},28$ entre sus ejes.

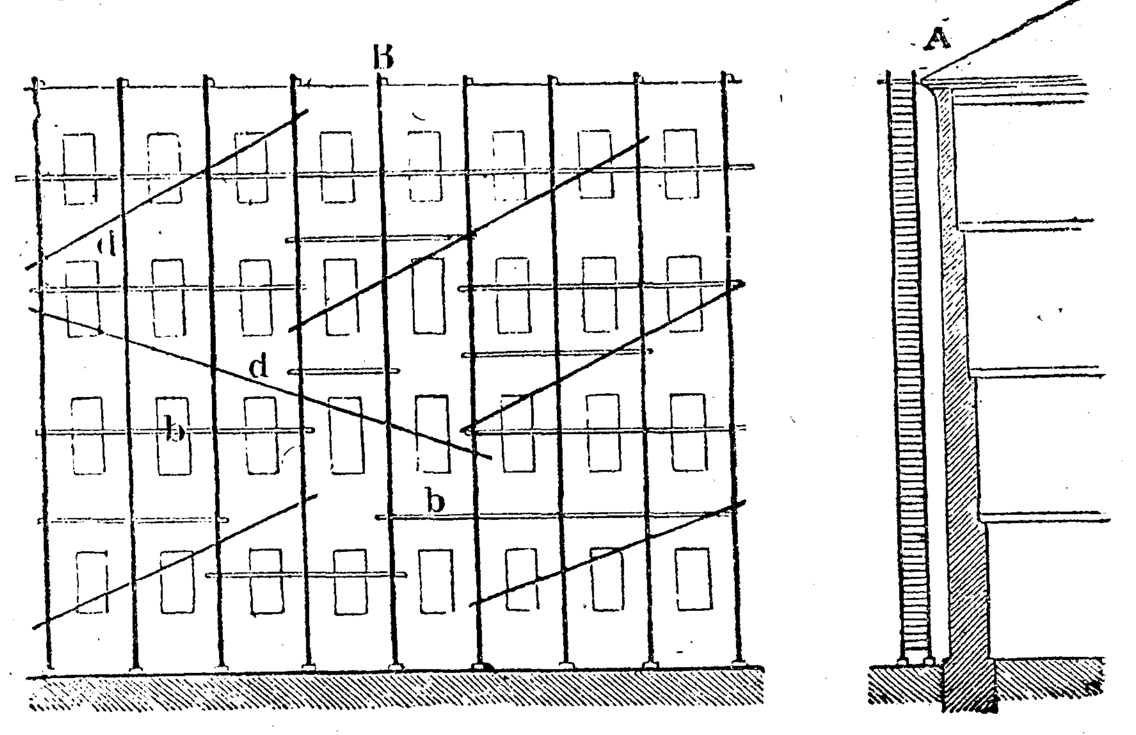
Las *perchas* se forman con almanques de 4 metros de largo, empleados para andamios de los cielos rasos.

El montar y desmontar andamios de 1 á 10 metros cuesta 12,50 pesetas; de más altura de 10 metros, á 1,25 pesetas el metro. El alquiler ó arriendo de andamiadas de 1 á 5 metros es de 2 pesetas diarias; de más altura de 5 metros, un aumento de 0,40 de peseta por metro y por día. Una *grúa* para subir los materiales se alquila por 2,75 pesetas diarias.

En Austria se usan andamiadas casi exclusivamente formadas por escaleras (figs. 157 y 158). Se toman escaleras, que algunas veces pasan de la altura del edificio (15 y 18 metros), que tienen de $0^{m},58$ á $0^{m},62$ de ancho, y montantes de sección cuadrada con los ángulos redondeados de $0^{m},08$ á $0^{m},10$ de lado. Se tienden estas escalas en el suelo á lo largo del edificio; después se las eleva por medio de un cable, que pasa por una polea sujeta á

una viga que sale fuera de los tejados. Se levanta una cada $3^{m},75$ á $4^{m},50$, descansando el pie en el pavimento de la calle ó sobre una tabla. En la parte superior están sujetas por fuertes maderos que se proyectan fuera de la techumbre, encima de la cornisa.

Maderos *b* se apoyan en los travesaños de las escaleras, formando así los tableros de la andamiada. La unión por cadenas diagonales aumenta la solidez de esta andamiada.



Figs. 157 y 158.

Los andamios sobre caballetes, *tijeras* y cajas no pueden servir más que para unos 5 metros de altura.

Las figuras 159 y 160 representan *andamios volantes*, empleados para trabajos parciales ó cuando el punto de apoyo no puede situarse en el suelo, á fin de no impedir la circulación; *a* es una escala hecha con yeso y cascote. Estos andamios no pueden servir más que para trabajos de reparaciones ó de revoques. En la figura 159, el primer piso no está libre; en la figura 160, el primer piso está libre y el andamio es de báscula.

Para las reparaciones accidentales, los andamios no se componen á menudo (fig. 161) más que de uno ó dos tablones coloca-

dos sobre almanques unidos á las extremidades de cuerdas, que pasan por la parte superior del muro y están sujetas á grapas grandes de hierro ó á piezas de madera cargadas con piedras.

Entre los andamios se comprende también el que simplemente está formado por unas *cuerdas con nudos* sujetas á la parte superior del muro, dejándolas suspendidas delante del paramento que se ha de reparar; el operario se sienta en un *banquillo* de madera sostenido por dos correones. El diámetro de la cuerda es de $0^{m},034$; los nudos están separados $0^{m},30$ á $0^{m},40$.

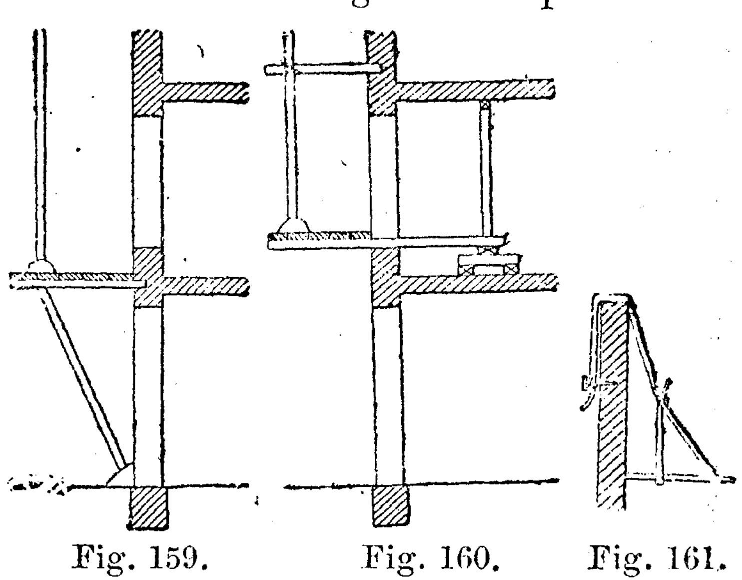


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.

La figura 162 representa un andamio exterior.

Para elevar los muros con mampuestos ó con ladrillo se emplean *andamios horizontales*, que tienen su punto de apoyo en el último piso construído. También se emplean estos andamios para hacer los enlucidos interiores, los cielos rasos, las cornisas y entramados de los pisos.

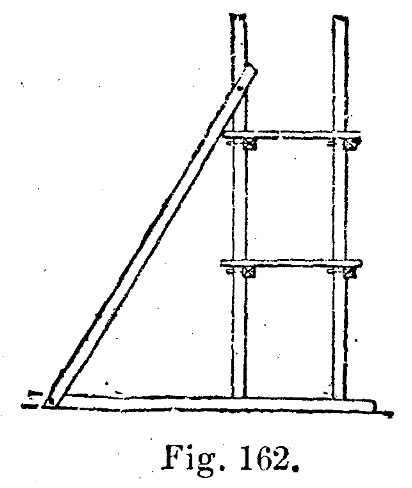


Fig. 162.

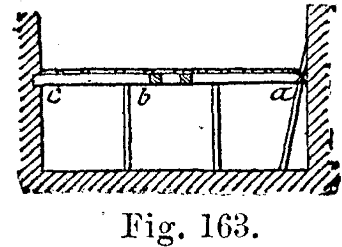
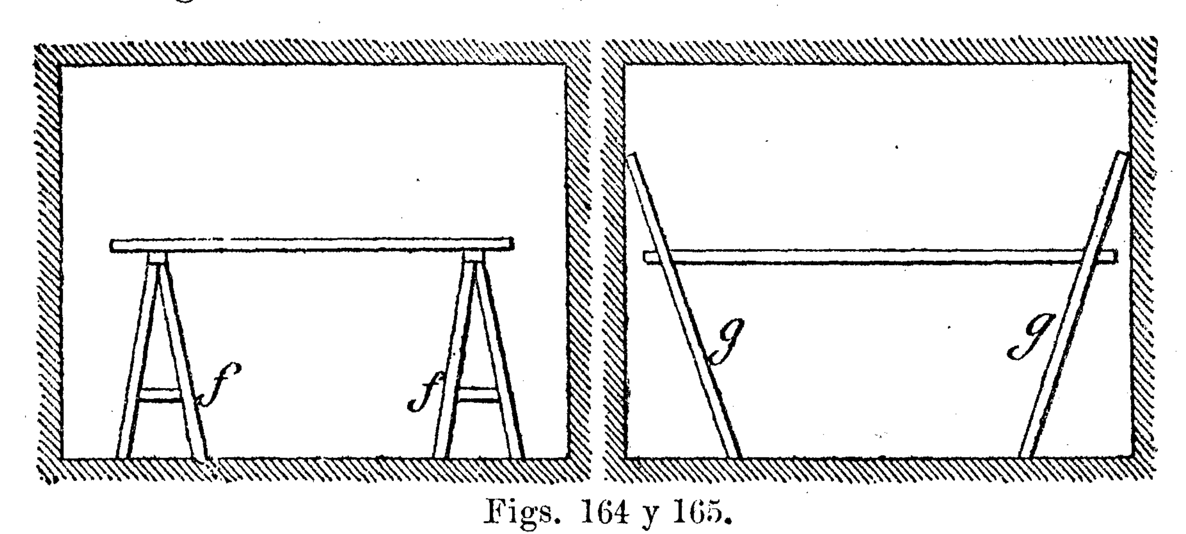


Fig. 163.

Para establecer estos andamios (fig. 163) se colocan verticalmente almanques á lo largo de los dos muros, en el paramento de la habitación en que se va á hacer el cielo raso, separándolos de 2 en 2 metros; á estos almanques se fijan piezas horizontales ó travesaños por medio de cuerdas (*a*).

Sobre estos travesaños se coloca el tablero del andamio. Algunas veces es preciso empalmar los travesaños (*b*) para darles la longitud de la habitación. Entonces se colocan de trecho en trecho puntales debajo de los travesaños, poniéndolos debajo de las piezas de madera principales del verdadero tablero y no en la parte débil ó en los vanos. La distancia entre la cabeza de los operarios que trabajan sobre este andamio y el cielo raso debe ser de algunos centímetros, $0^m,07$ á lo más.



Figs. 164 y 165.

Cuando no haya inconveniente para abrir agujeros en los muros (en *c*), se apoyan en éstos directamente los extremos de los travesaños y se suprimen los almanques verticales.

Los tablones puestos sobre los travesaños deben colocarse sin estar separados unos de otros para evitar accidentes.

Las figuras 164 y 165 presentan otros dos tipos de andamios horizontales.

Cabrias.—Las figuras 166 y 167 representan una gran *cabria* ó *montacargas* para levantar piedras. Está formada por cuatro montantes de madera larga y fuerte, unidos á la altura de los diversos tableros por travesaños. Los rectángulos que así resultan se han hecho invariables por medio de puntales ó enlaces cruzados. El aparato está montado sobre soleras ó tablones que unen los pies de los montantes.

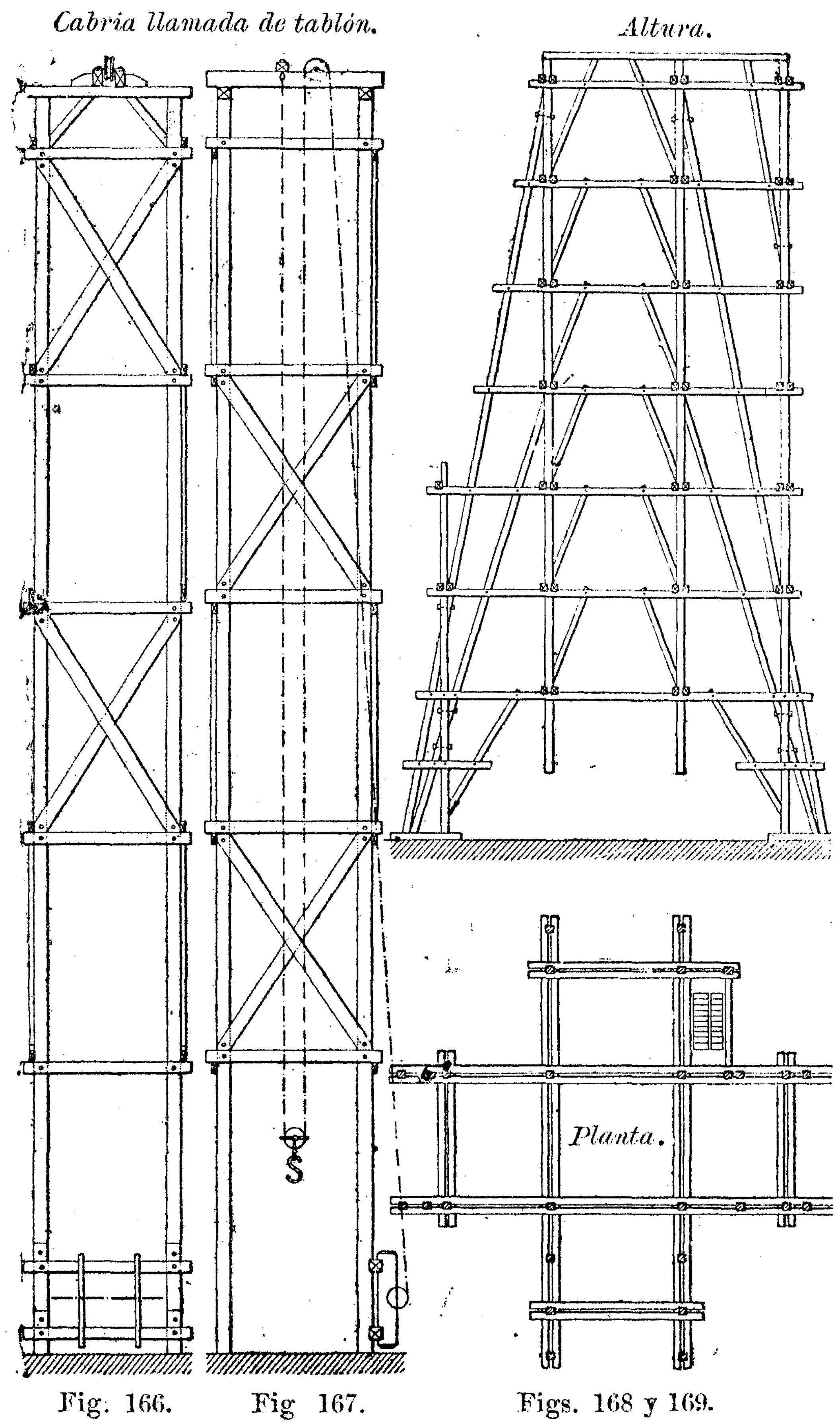
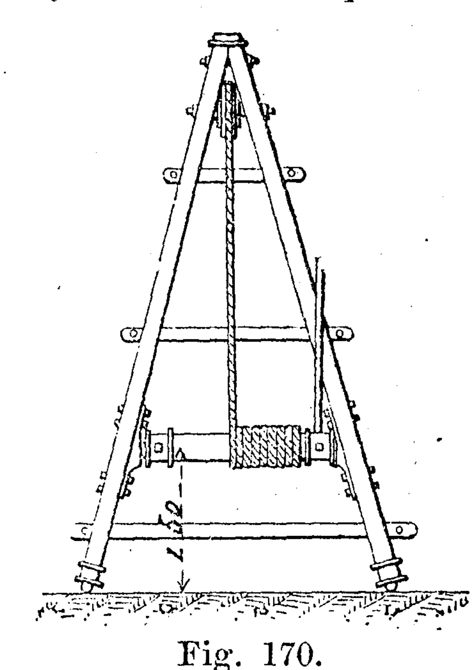


Fig. 166. Fig 167. Figs. 168 y 169.

La figura 170 representa la cabria ordinaria del albañil, para subir y bajar los pesos.

Para emplear la cabria se coloca en una posición inclinada, á fin de que al subir los pesos no tropiecen en el torno ni en los travesaños, y se la sostiene en esa posición por medio de tres cuerdas (vientos), que parten del vértice y se sujetan á puntos fijos inmediatos que estén bien seguros. Las dos maromas ó cuerdas dispuestas para impedir que la cabria caiga hacia adelante se llaman *obenques*; la tercera, que se dirige en sentido contrario de las dos primeras para impedir la inversión de la cabria, se llama *contraobenque*.


Fig. 170.

La cabria se emplea por albañiles y carpinteros. Tiene ésta gran altura, á menudo la de varios pisos. Sirve para subir los materiales por medio de un cable que se arrolla á un tambor, puesto en movimiento por largas palancas de madera, en cuyos extremos actúan los hombres por su propio peso. Este es un aparato muy antiguo que se ha modificado algunas veces, aplicándole engranajes movidos á brazo en sustitución de las palancas de madera.

Gran andamio.—Las figuras 168 y 169 representan un gran andamio, cuyos montantes están apuntalados ó sostenidos por tornapuntas de madera fuerte.

Cadenas para andamiada.—Generalmente en los andamios se hacen las uniones de las maderas por medio de cuerdas, que pronto se deterioran por el uso. Un constructor, Mr. Bouillant, ha ideado reemplazar las cuerdas de sujeción por cadenas de hierro galvanizado.

Se fija en el sentido de la longitud del poste de madera una zapata de fundición con fuertes nervios, que tiene una tuerca por donde pasa á rosca una varilla provista en su extremo de una manivela, para hacerla girar en dos sentidos opuestos.

Uno de los extremos de la cadena está fijo en la zapata. Girando la manivela se hace avanzar la tuerca, apretando á la vez con la cadena las maderas del andamio (fig. 171). Se unen dos postes por medio de dos

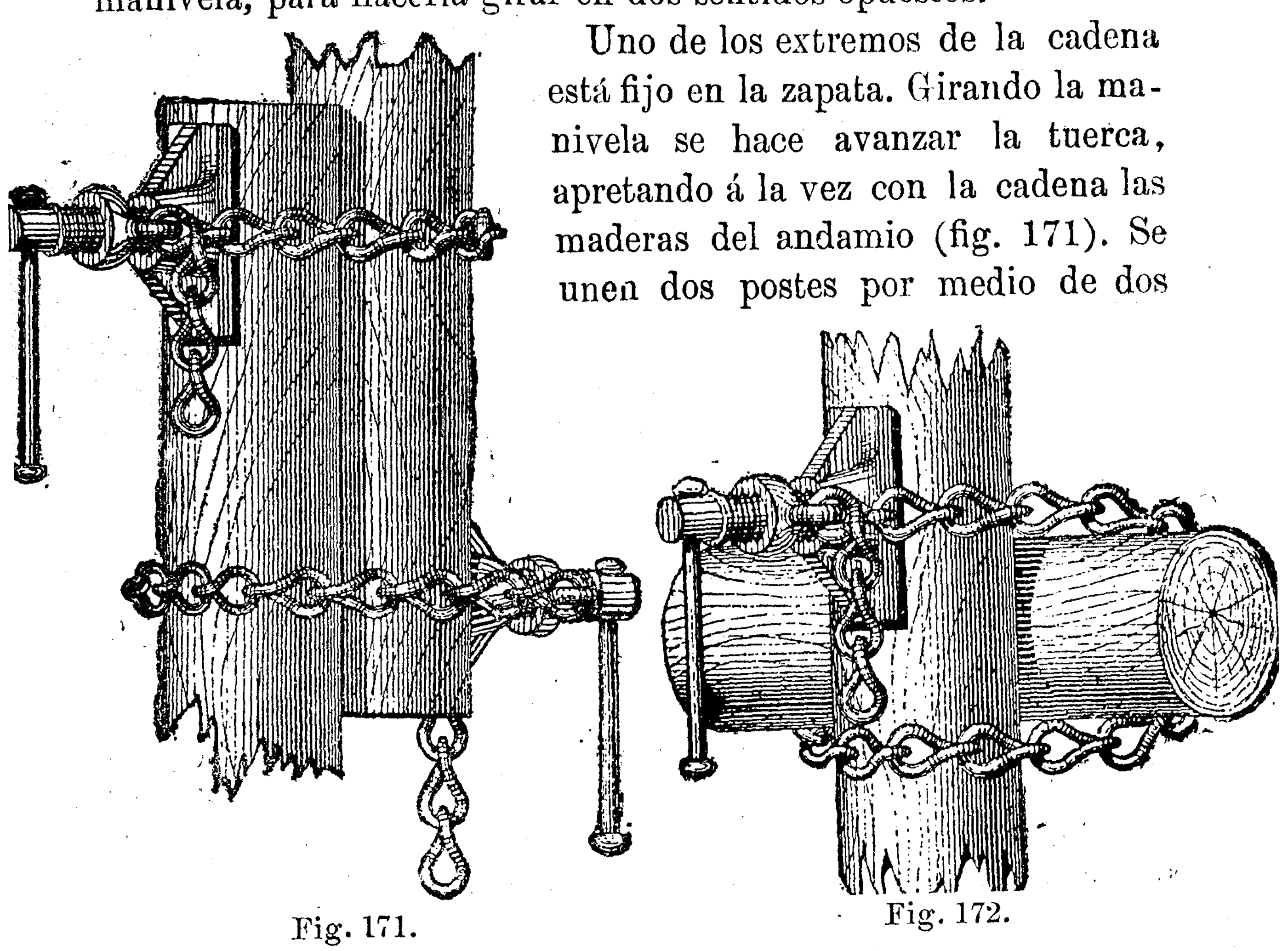


Fig. 171. Fig. 172.

zapatas: la una fija sobre el extremo del poste inferior y la otra en el extremo inferior del poste superior (fig. 171). La colocación de este aparejo es muy rápida y el sistema económico por su larga duración.

El empleo de estas cadenas puede prestar grandes servicios, entre otras aplicaciones, en los puentes portátiles sobre balsas de agua ó en pequeños arroyos. Estas cadenas pueden emplearse para construcciones provisionales, tales como barracas militares, cuya instalación debe ser rápida. La figura 172 representa la unión de una pieza horizontal con una vertical.

Apuntalamientos.—La figura 173 representa el *apuntalamiento de la entibación del recinto de una excavación*. Contra las paredes se aplican maderas de plano, horizontalmente sostenidas por otras verticales *ab*; éstas se hallan sujetas por *tornapuntas*, cuyos pies se apoyan contra estacones hincados en tierra. Para una excavación de poco ancho se apuntalan horizontalmente las maderas á medida que se presentan contra la pared de la excavación.

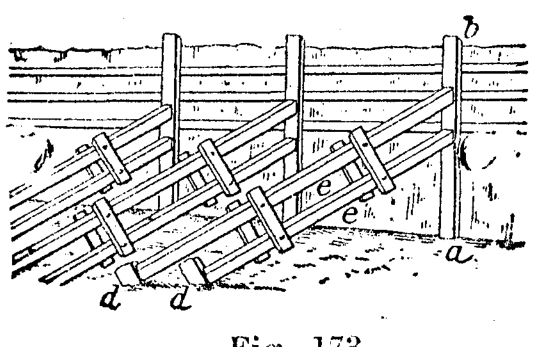


Fig. 173.

Se da á estas paredes un talud de 0,03 á 0,05 por metro de profundidad.

Las figuras 174 y 175 representan el *apuntalamiento de un muro* y de un edificio. Cuñas debidamente dispuestas impiden á los *puntales* deslizar en las soleras de apoyo. Se hace que los puntales no tengan movimiento apoyándolos sobre la misma plataforma y arriostrándolos. A menudo los puntales son dobles y parten de la misma solera de apoyo.

La figura 176 representa el apuntalamiento de un hueco cimbrado, y la figura 177 tableros apuntalados sosteniendo las paredes de una zanja.

Apeos.—Las figuras 178 y 179 representan el sostenimiento necesario para poder suprimir el apoyo que estaba bajo el entrepaño *a* y reemplazarle por un dintel *bb*. Se trata aquí de un muro de mampostería. El conjunto está formado por un *apeo*. Está compuesto de tres caballetes *c*, *c'*, *c''*, formados por pontones montantes que tienen un travesaño en la parte superior. Las ventanas se han *apuntalado*. Los puntales están formados por maderas colocadas oblicuamente, ajustadas por sus extremos una contra otra y apoyadas á presión contra tablas ajustadas á las jambas de las ventanas.

Para reconstruir el muro que sostiene el piso se apuntala éste, colocando en el suelo soleras á escuadra con las carreras ó al través de éstas. Sobre esas soleras se colocarán puntales, que sostendrán una carrera colocada paralela y horizontalmente encima de las soleras. El pie de los puntales se cortará en bisel y se calzará con una cuña.

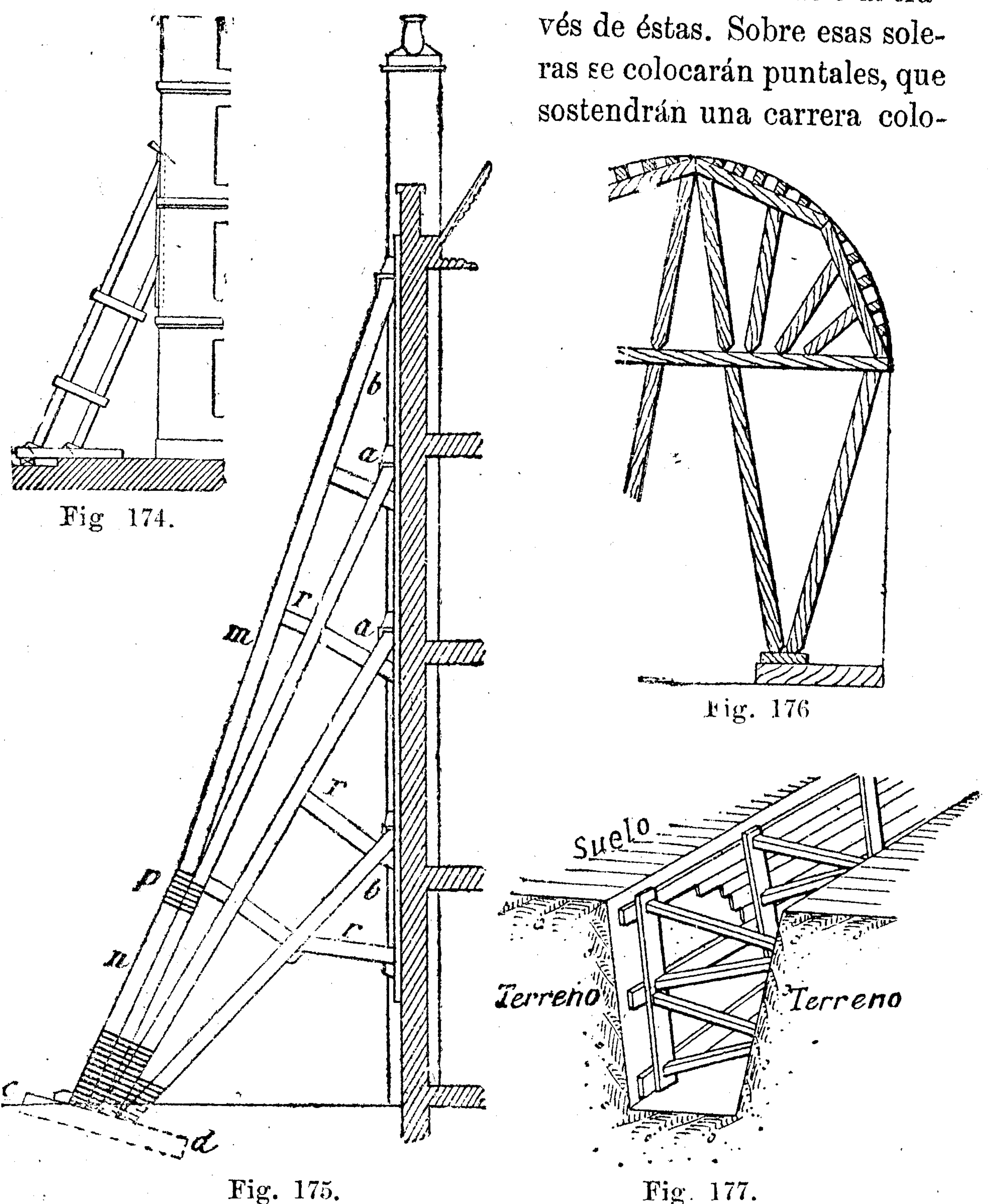


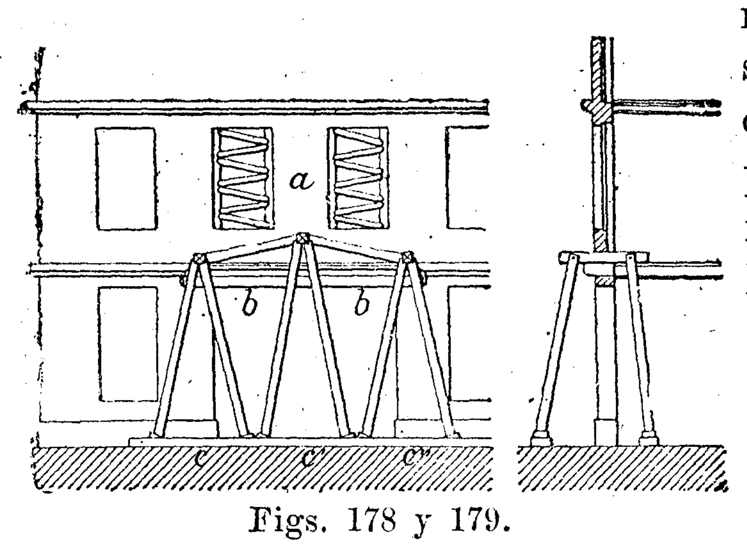
Fig 174.

Fig. 175.

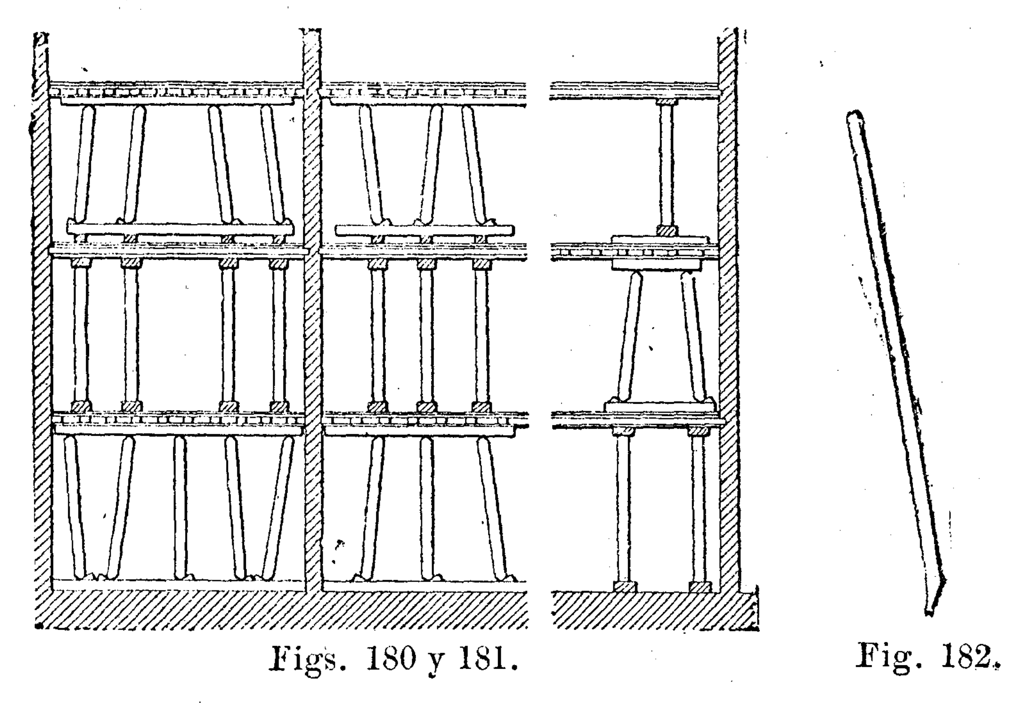
Fig. 176

Fig. 177.

Para reconstruir un muro de fachada ó divisorio en toda su altura es preciso apuntalar todos los pisos. Las figuras 180 y 181 representan el apuntalamiento para la reconstrucción de la pared delantera de una casa; los puntales sostienen carreras por la parte superior y están sobre soleras en su parte inferior. Es preciso que coincidan bien los puntales de un piso con los del otro. A fin de evitar movimientos no se han forzado á golpe los puntales, sino que se han puesto empleando *palancas* ó largas barras de hierro terminadas por un bisel ligeramente encorvado (fig. 182).



Figs. 178 y 179.


Figs. 180 y 181. Fig. 182.

Para apuntalar las tierras de una trinchera se colocan tablones horizontalmente contra las paredes, sobre los que se apoyan otros verticales de trecho en trecho, sostenidos por puntales alternados en sentido contrario.

Precios aproximados de andamios en Madrid [1].

ANDAMIOS.—MANO DE OBRA.

Arma de 14 metros de altura, para andamio de casa, con los accesorios.

	Pesetas.
Jornales de armado y desarmado.	20,50
Gastos generales.	2,05
Arma.	22,55

Andamio aislado para grandes naves (superficie, 270 metros; altura, 12).

Jornales para armado y desarmado..	775,00
Gastos generales, 10 por 100	77,50
Andamio.	852,50

ANDAMIOS.—PRECIOS COMPUESTOS.

Arma de 14 metros de altura, para andamio de casa, con los accesorios.

	Pesetas.
Una sesma de 8,30 y otra de 7.	40,50
Dos viguetas	30,00
Un madero de á 6.	7,50
Ocho medias viguetas para puentes..	60,00
Tres medios maderos para virotillos.	15,00
Tres maderos de á 8 para virotillos.	19,50
Diez y seis ejiones..	8,00
Riostras para el aspado.	5,00
Clavazón	15,03
Lías para ligaduras.	3,00
Materiales.	203,53
Mano de obra..	22,55
Desembolso	226,08
Beneficio 10 por 100. . .	22,61
Arma..	248,69

Andamio aislado para grandes naves (superficie, 270 metros; altura, 12).

Materiales.	2.125,00
Mano de obra.	852,50
Desembolso..	2.977,50
Beneficio.	297,75
Andamio.	3.275,25

[1] Estos precios están sujetos á modificaciones dependientes de las variaciones que en las distintas épocas pueden sufrir el precio de los materiales en el mercado y el precio de los jornales. Los precios que se consignan son deducidos de datos prácticos y pueden considerarse como bastante aproximados

Marcos de madera y sus precios aproximados en Madrid.

MARCO CASTELLANO.—MADERA DE PINO

NOMBRE Y CLASE DE LAS PIEZAS	MEDIDAS DEL PAÍS			MEDIDAS MÉTRICAS			EQUIVALENCIA ENTRE PIES LINEALES		PRECIO DEL PIE LINEAL DE LA MEDIA VARA
	Largo.	Tabla.	Canto.	Largo.	Tabla.	Canto.	De la pieza.	Con la media vara.	
Madera de hilo.	*Pies.*	*Dedos.*	*Dedos.*	*Met.*	*Met.*	*Met.*			*Pesetas.*
Media vara . . .	30	24	20	8,36	0,42	0,35	1 pie lineal.	1 pie de media vara.	En Aranjuez, 2.
Pie y cuarto.. .	30	20	16	8,36	0,35	0,28	3 íd.	2 pies de media vara.	Fuensanta, 150.
Tercia..	30	16	12	8,36	0,28	0,21	2 íd.	1 pie de media vara.	En Cuenca, 1,25.
Cuarta.. . . .	30	12	12	8,36	0,21	0,21	»	»	En Fuensanta la
Sesma..	30	12	9	8,36	0,21	0,15	4 íd.	1 pie de media vara.	carga valencia-
Vigueta . . .	22	11	8	6,13	0,19	0,14	Cada pieza.	5 $^1/_2$ pies de media vara.	na vale 150.
Media vigueta.. .	12	11	8	3,34	0,19	0,14	Id.	3 íd.	
Doblero de 18.. .	18	10	8	5,01	0,17	0,14	Id.	2 $^1/_4$ íd.	
Idem de 16. . . .	16	8	6	4,46	0,14	0,10	Id.	2 íd.	
Idem de 14. . . .	14	7	5	3,90	0,12	0,08	Id.	1 $^3/_4$ íd.	
Medio doblero .	10	10	8	2,79	0,17	0,14	Id.	1 $^1/_4$ íd.	
Madera de sierra							Relación comercial.		De la pieza.
Tirante de 18. . .	18	7	5	5,02	0,12	0,08	18 piezas componen 1 cargo.		1
Idem de 15 . . .	15	7	5	4,18	0,12	0,08	22 piezas componen 1 cargo.		1
Idem de 12 . .	12	7	5	3,34	0,12	0,08	27 piezas componen 1 cargo.		1
Medio tirante . .	7 $^1/_2$	7	5	2,09	0,12	0,08	»		»
Tabla alcaceña.	9	24	3	2,51	0,42	0,05	25 piezas componen 1 cargo		1,75
Idem portaleña	9	20	2 $^1/_2$	2,51	0,35	0,04	30 piezas componen 1 cargo.		1,50
Idem chilla . . .	7 $^1/_2$	16	2	2,09	0,28	0,03	60 piezas componen 1 cargo.		0,75
Idem ripia.. . .	6 $^1/_4$	12	1 $^1/_2$	1,76	0,21	0,02	120 piezas componen 1 cargo.		0,40

Precio de la madera de pino en Madrid.

NOMBRE DE LAS PIEZAS	UNIDAD DE VENTA	PINO DE LA TIERRA	PINO DE CUENCA
		Pesetas	Pesetas.
Madera de hilo.			
Media vara, hasta 25 pies.	Pie lineal	1,75	3
Cada encuarte, además.	Id.	0,25	»
Pie y cuarto, hasta 25 pies.	Id.	1.40	2
	Id.	0 15	»
Tercia, hasta 25 pies.	Id.	1	1,25
	Id.	0,10	»
Sesma, hasta 25 pies.	Id.	0,60	0,55
	Id.	0,06	»
Vigueta.	Pieza.	13,50	12,50
Media vigueta	Id.	6	6
Madero de á 6.	Id.	9	8
Madero de á 8	Id.	6,25	6
Madero de á 10.	Id.	4,25	4
Medio madero	Id.	4,25	3,75
Rollizos de á 18 de 1.ª clase.	Id.	4	»
Rollizos de á 16 de 1.ª clase.	Id.	3,50	»
Rollizos de á 14 de 1.ª clase	Id.	3	»
Rollizos de á 18 de 2.ª clase.	Id.	3,50	»
Rollizos de á 16 de 2.ª clase.	Id.	3	»

NOMBRE DE LAS PIEZAS	UNIDAD DE VENTA	CUADRADA Ordinaria	CUADRADA Entre-limpia.	CUADRADA Limpia.
		Pesetas.	Pesetas.	Pesetas.
Madera de sierra.				
Tabletas de 7.	Pieza.	1	1,30	1,85
Tabletas de 9.	Id.	1,30	1,70	2,35
Chillas de 7.	Id.	1	1,30	1,85
Chillas de 9.	Id.	1,30	1,70	2,35
Hojas de 7.	Id	0,90	1,10	1,35
Hojas de 9.	Id.	1,10	1,30	1,60
Segundas de 7.	Id.	1,25	1.80	2,35
Segundas de 9	Id	1,75	2,30	3
Corral de 7.	Id.	1,50	2 55	3,25
Corral de 9	Id.	2,15	3,25	3,75
Ripias de 7.	Docena.	5,50	6,50	8
Ripias de 9	Id.	7	9	10,50
Portada.	Pie lineal	0,75	0,90	1,15
Portadilla.	Id.	0.65	0,65	0,85
Alfarjía	Id.	0,25	0,35	0,40
Media alfarjía.	Id.	0,15	0,20	0,25
Terciados.	Id.	0,10	0,15	0,15
Tablones del Norte de 1.ª clase, hasta 20 pies.	Id.	»	0,55	0,85
Tablones del Norte de 2.ª clase, hasta 20 pies.	Id.	»	0,45	0,75
Tablones del Norte de 1.ª clase, de 20 á 24 pies.	Id.	»	0 65	0,95
Tablones del Norte de 2.ª clase, de 20 á 24 pies.	Id	»	0,55	0,85

Precio que tienen los pinos en el monte.

PIEZA QUE EL ÁRBOL PUEDE PRODUCIR	PESETAS	PIEZA QUE EL ÁRBOL PUEDE PRODUCIR	PESETAS
El rollo de media vara . . .	9	El rollo de machón desde 12 pies de alfarjía.	7,50
Idem de pie y cuarto	7,50	Idem de íd. ó troza de 9 pies de alfarjía.	5
Idem de tercia.	6,25	Idem de íd. de 12 pies de terciado.	6,25
Idem de sesma	5	Idem de íd. de 9 pies de terciado.	4,25
Idem de vigueta.	4	Idem de íd. de 7 pies de terciado	3
Idem de media vigueta. . . .	2	Idem rollizo ó cabrío.	0,50
Idem de madero de á 6 . . .	2,50		
Idem de madero de á 8. . . .	1,50		
Idem de madero de á 10. . .	1		
Idem de medio madero. . . .	1		

Cimbras.—Las *cimbras* son andamios sobre los que se construyen los *arcos* y las *bóvedas*. Sostienen la fábrica hasta que colocada la clave se sostiene por sí sola. La figura 183 (lado derecho) representa una cimbra para bóveda en arco de medio punto: *e* tirante, *p* pendolón, *o* pies derechos que sostienen el tirante apoyados en la solera *s*, *j* tornapuntas de refuerzo, *f* fijas, *v* piezas curvas que reciben las calas, maderas ó *listones* sobre los que se construye la fábrica; estas calas y listones (*couchis*) son de pino y la cimbra de roble.

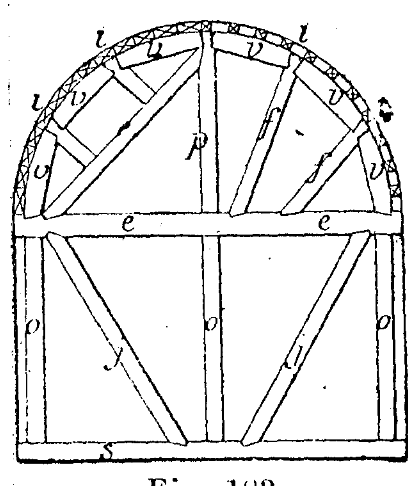


Fig. 183.

En la construcción de arcadas consecutivas se emplean cimbras con dos pares (lado izquierdo de la figura 183), sobre los que se apoyan las fijas y contrafijas.

Si se trata de una bóveda rebajada en arco escarzano ó carpanel, se emplean fichas y tornapuntas con la forma de la bóveda, y se colocan bajo estas últimas apoyos de sostenimiento, para aliviar de peso al tirante.

Para marcar en las cimbras la curvatura del intradós de las bóvedas se emplean dos ó tres tablones acoplados, que se clavan ó se atornillan, en los cuales se traza la curva del intradós, aserrándolos después según ese trazo.

Estas curvas no se emplean más que para bóvedas ligeras y poco extensas; es preciso que las juntas sean perpendiculares á la superficie de la bóveda.

A menudo también, para cimbrar un solo arco, se hace la forma con cascote y yeso, que se demuele después de la construcción del arco (fig. 184).

Se distinguen dos clases de cimbras: las *cimbras fijas*, con apoyos bajo el tirante, y las *cimbras recogidas* ó flexibles, empleadas para puentes y grandes bóvedas, no teniendo más puntos de apoyo que en los arranques y dejando el paso libre bajo el tirante. Las cimbras para los arcos de bóvedas ligeras se hacen con tablas.

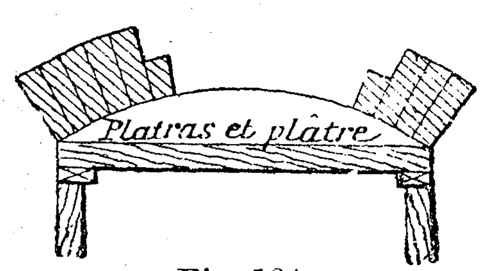


Fig. 184.

EXPLICACIÓN: *Platras et plâtre*, cascote y yeso.

Para las bóvedas y arcos de alguna importancia se tiene cuidado de hacer descansar el tirante directamente sobre sacos de arena, sobre gatos, cuñas ó alzas, de manera que pueda hacerse el descim-

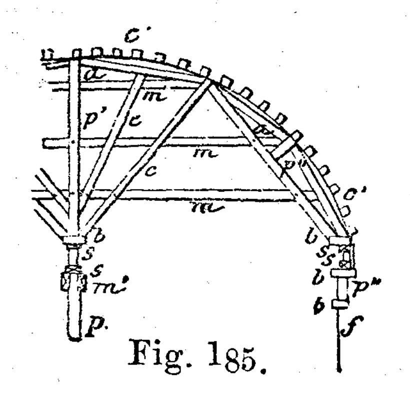


Fig. 185.

a Pares.
b Limas ó maderos que sostienen la armadura.
c Tornapuntas.
p' Pies derechos de apoyo.
p'' Taco vertical.
s Soleras y cuñas de descimbramiento.
m Cruceros formando tirantes.
m' Cepos.
c' Listones ó *couchis*, que se cubren con tablas de 0,15 de espesor.
f Macizo de fundación.

bramiento de un modo uniforme y progresivo, de tal modo que la bóveda pueda tomar con toda seguridad su posición de equilibrio. Se emplean también las cimbras para hacer reparaciones en

las bóvedas y para demolerlas. La tornapunta *j* de fuerza se suele reemplazar por dos pies derechos.

Las figuras 185 á 189 representan diferentes sistemas de cimbras.

La figura 185 representa una cimbra para bóveda rebajada.

El *precio de coste de las cimbras* por metro cuadrado de dovelaje, comprendido el valor de la madera y hierro, mano de obra, colocación, descimbramiento y apeo, es muy variable, según las circunstancias que concurran en cada obra; pero después de diferentes datos prácticos y observaciones, puede calcularse, por término medio, en lo siguiente:

Para bóvedas de 2 metros de luz ó menos. . .	2p,50
— de 2 á 5 metros de luz.	5 ,00
— de 5 á 9 —	10 ,00
— de 9 á 12 —	15 ,00
— de más de 12 metros.	45 ,00

Cimbras por arriendo y colocación para bóvedas ordinarias.	De 20 á 30^{m2} de superficie..	1p,80
	De 40^{m2} de superficie en adelante .	1 ,40

Construcción de las bóvedas.—Las bóvedas pequeñas de *sillería* se construyen empleando como cimbra *cascotes* ó mampuestos amontonados en seco ó con tierra, recubierto ese macizo de la forma del intradós de la bóveda con un enlucido de mortero ó de yeso; entre la pasta y la bóveda se colocan algunas veces *listones* (*couchis*) de madera. Sobre todo para grandes luces se emplean cimbras de ladrillo, de madera, de fundición ó de hierro dulce.

Para una bóveda de arista son precisas 6 cimbras de madera: 4 en semicírculo y 2 en diagonal (mitad de una elipse). Como las diagonales tienen su intersección en el vértice de la bóveda, una cimbra de un solo conjunto puede colocarse en uno ó en otro ángulo del espacio; la otra en diagonal se hará en dos trozos, sujetos en su unión al primero.

Para grandes bóvedas son precisas cimbras intermedias, según

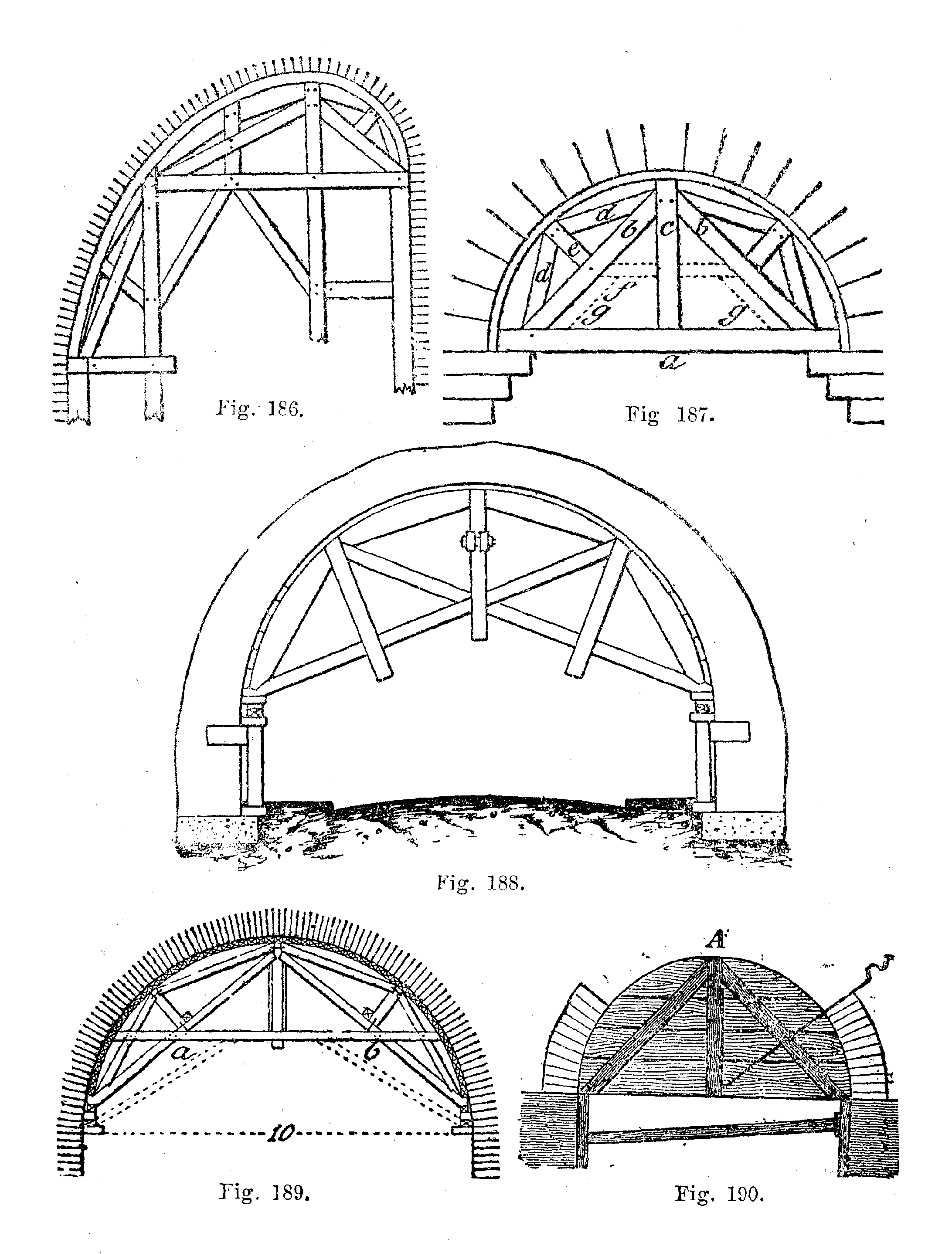


Fig. 186.

Fig 187.

Fig. 188.

Fig. 189.

Fig. 190.

la curvatura de las cimbras correspondientes á los arcos laterales que forman la diagonal de una bóveda. Como las cimbras en diagonal reciben escuadras, y por cada lado, en su cara superior, los listones *(couchis)* de dos lunetos, es preciso que esa cara (el espesor) se labre según el ángulo que resulta al cortarse en diagonal los listones.

Si la bóveda de arista ha de construirse de ladrillo, se establecen en los ángulos *salmeres* ó apoyos empotrados en los pilares ó en el muro.

Estos apoyos son de sillería ó de hiladas de ladrillo que sobresalen del cuerpo de la mampostería. En la bóveda de arista se coloca el ladrillo, como la sillería, en hiladas, cuyas juntas deben ser paralelas á los ejes de la bóveda.

La figura 190 representa un arco en construcción sobre su cimbra, con un barrote transversal que permite determinar sobre él la dirección de las juntas de las dovelas ó hiladas. Esta cimbra se apoya en sus extremos sobre tablones adosados á los pies derechos y apuntalados por una barra transversal.

Traslación de edificios de un sitio á otro.—En 1880, en Boston (Estados Unidos), se ha mudado de lugar, paralelamente á sí mismo $4^{m},22$, un gran hotel, situado en el ángulo de dos calles y construído de mampostería ordinaria y ladrillos.

Una fachada tenía 29 metros y la otra 21 de desarrollo, una de ellas sostenida por ocho columnas de granito. La altura total del edificio era de 29 metros, y pesaba 5.000 toneladas, comprendido el mobiliario, que quedó en su sitio durante el movimiento. Para cambiarle de lugar se empezó por construir fundaciones con ladrillo y piedras para colocar los carriles y rodillos sobre los que debía descansar el edificio.

El movimiento de progresión se obtuvo mediante el empuje de 56 crics ó gatos de $0^{m},051$ de diámetro y $0^{m},0126$ de paso, movidos á mano y actuando en la parte baja de la fachada.

La operación exigió 2 meses y medio de preparativos. En el cambio de lugar se invirtieron 4 días, con 14 horas cada uno de trabajo efectivo.

La mayor velocidad de traslación fué de $0^{m},05$ en 4 minutos.

El trabajo, en su totalidad, ha exigido 4.350 jornales de obreros y ha costado 150.000 francos.

Levantamiento de edificios.—La figura 191 demuestra una aplicación del tornillo al levantamiento de una obra de carpintería, de la que una viga horizontal A es uno de los apoyos.

Dos tornillos de madera V, cuya cabeza está dispuesta de manera que puede aplicarse á ella una barra á modo de un cabrestante, están guiados por dos travesaños: uno fijo, B, y otro movible, C, formando doble tuerca. Actuando simultáneamente sobre las barras del cabrestante, los tornillos giran uniformemente; el travesaño C sube paralelamente á sí mismo, y con él la viga A y la carga que sostenga.

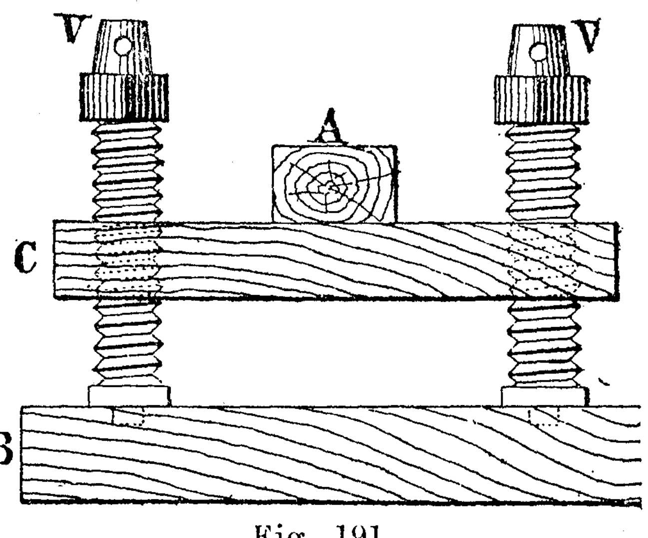


Fig. 191.

Los tornillos de madera se reemplazan frecuentemente por gatos de hierro.

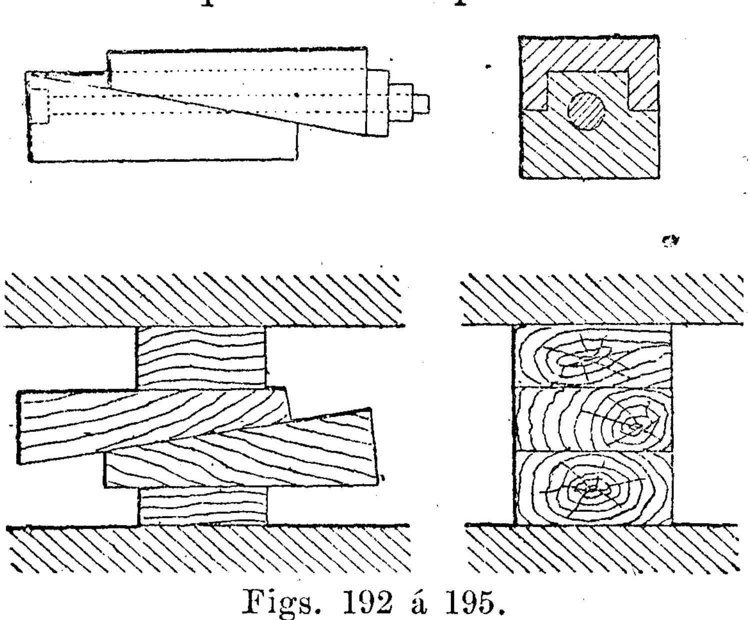
El funcionamiento de las cuñas como aparato de elevación se comprende por las figuras 192 á 195.

En 1896, Mr. Debrie, arquitecto, ha cambiado de lugar el restaurant del Velódromo del Sena, y lo ha movido hacia atrás 4 metros, todo de una vez. Este restaurant tiene 9 metros de fachada y 5 metros de lado; pesa próximamente 30.000 kilogramos.

Se ha aserrado á nivel del piso de la calle; rodeado de un cerco de hierro y colocado sobre rodillos de acero, se trasladó los cua-

tro metros hacia atrás. A las diez de la mañana comenzó la operación y se terminó á las seis de la tarde.

En 1888, un gran hotel en Coney-Island, cerca de New-York, el *Brighton Beach hotel*, fué amenazado por el mar, que socavaba las fundaciones. Tenía 140 metros de longitud por 15 metros de ancho, tres pisos con cobertizos y pabellones, con distribución de agua y gas. Mejor que demolerle, se le colocó sobre carriles, y con la ayuda de 6 locomotoras grandes, de 35 toneladas, se le hizo retroceder 150 metros hacia atrás. Este hotel y la plataforma automóvil que se utilizó para cambiarle de lugar pesaba 5 millones de kilogramos.



Figs. 192 á 195.

Se puede citar también en New-York una casa de fábrica de mampostería, que se la ha hecho mover 12 metros hacia el Norte y 27 hacia el Oeste; después se la levantó, y se la aumentaron dos pisos en la parte inferior. En Inglaterra, la estación de Frodsham, entre Warrington y Chéster, se la hizo retroceder 2 metros, sin una hendidura.

En Chicago, el *Normandy departamento Building*, con una longitud de 29 metros, ancho de 25 y una altura de 15, pesando más de 8 millones de kilogramos, interrumpía la construcción del ferrocarril metropolitano. Los *motores de casas*, dedicados á cambiar de lugar las casas americanas, lo elevaron 1 metro sobre el terreno, le transportaron 61 metros de Este á Oeste y le condujeron á 45 metros hacia el Norte. Doce gatos hidráulicos bastaron.

En Ruán, sobre la carretera de Ruán á Croisset, en 1893,

un cobertizo para meter carruajes, de 50 metros por 30, descansando en 24 postes y con un peso de 150.000 kilogramos, fué transportado sin accidente á 53 metros hacia atrás de su primitivo emplazamiento y levantado 22 centímetros.

En Hal, cerca de Bruselas, en 1892, una casa de varios pisos que había asentado desigualmente en el suelo, inclinándose, por un sistema análogo al de los motores de casas se la ha puesto á plomo.

Aparatos diversos de los talleres de cantería.— Completamos este volumen con las figuras siguientes, que demuestran diferentes aparatos de los talleres de cantería.

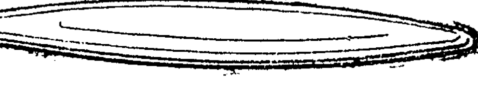
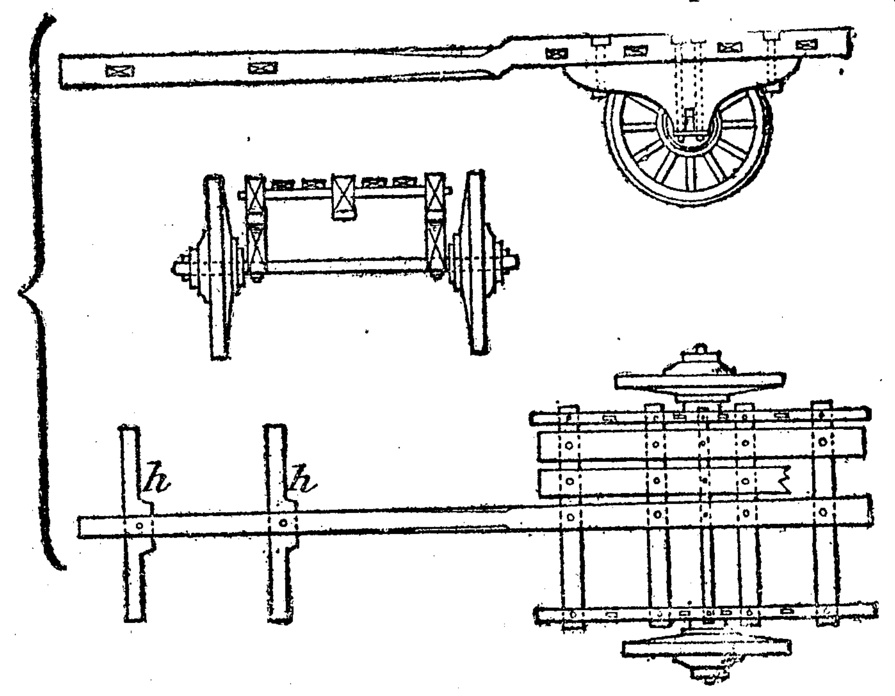


Fig. 196.

El *rodillo* (fig. 196), de madera dura, permite con su empleo cambios de dirección cuando se transporta una piedra.



Figs. 197 á 199.

Las figuras 197 á 199 representan un *carretón* fuerte de dos ruedas para el transporte de sillares pequeños, arrastrado por 2 ó 4 hombres.

Para el transporte de piedras se utiliza también la *parihuela* ó *ballarte* (fig. 200), ó el *carrillo* (fig. 201), variedad del carretón anterior.

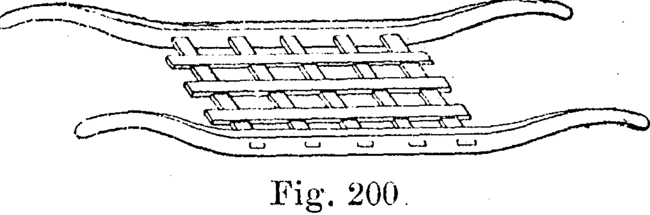


Fig. 200.

Las figuras 202 y 203 indican cómo en la máquina de Coignet el peso solo de un hombre permite subir una carretilla llena mientras que otra desciende.

Fig. 201.

Figs. 202 y 203.

Se pueden también transportar materiales por cables, empleando, por ejemplo, el sistema que representa la figura 204.

La figura 205 indica el empleo del torno (malacate) para subir ó bajar materiales ó tierras.

Representamos en las figuras 206 y 207 un tipo de *grúas* para subir ó descargar materiales ó tierras.

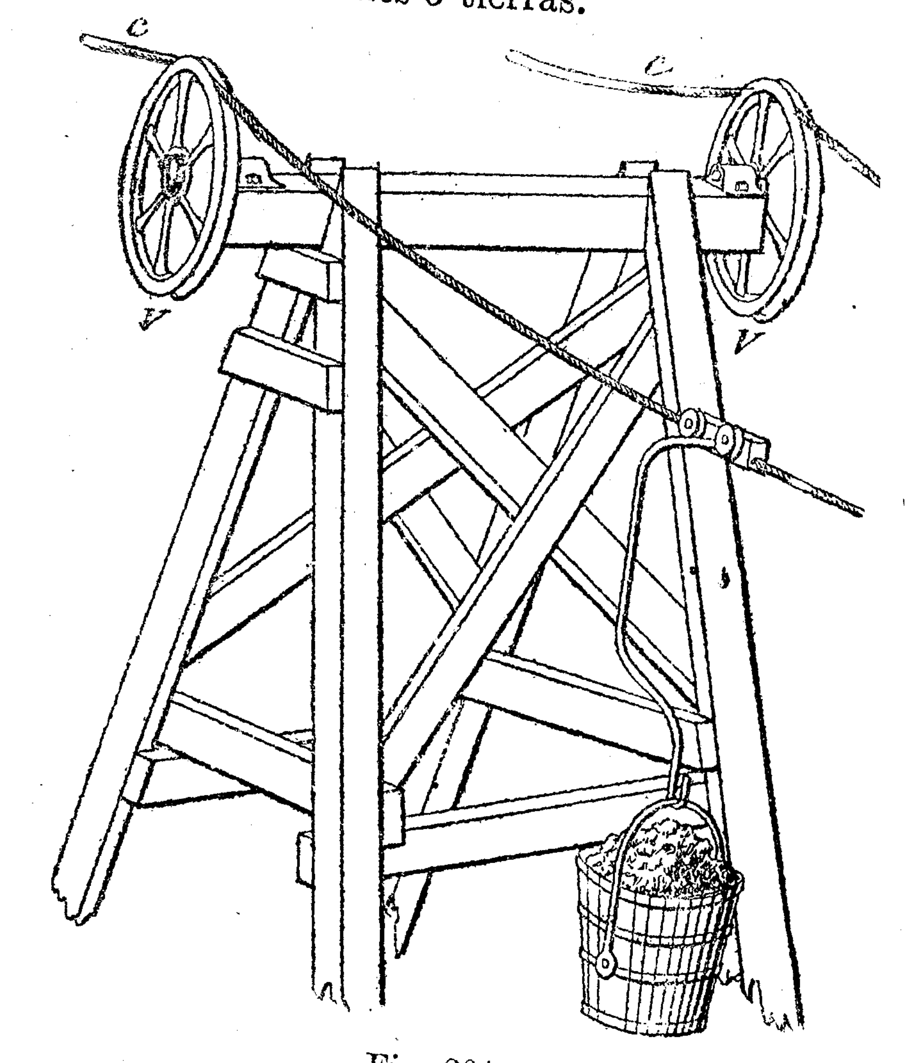


Fig. 204.

La figura 210 representa un *pie vertical* con escala y pescante, en el que basta girar la manivela *f* del torno para elevar la piedra A; la escala que forman los travesaños de palo permite á los obreros subir hasta el extremo superior del pescante ó del pie derecho.

Grúa portátil Bonnet.—Este aparato presta muy buenos servicios, sobre todo en el caso de que las maniobras se hagan en un espacio reducido.

Se compone (figs. 208 y 209) de un carretón formado por una plataforma montada sobre cuatro ruedas. Dos postes verticales ó

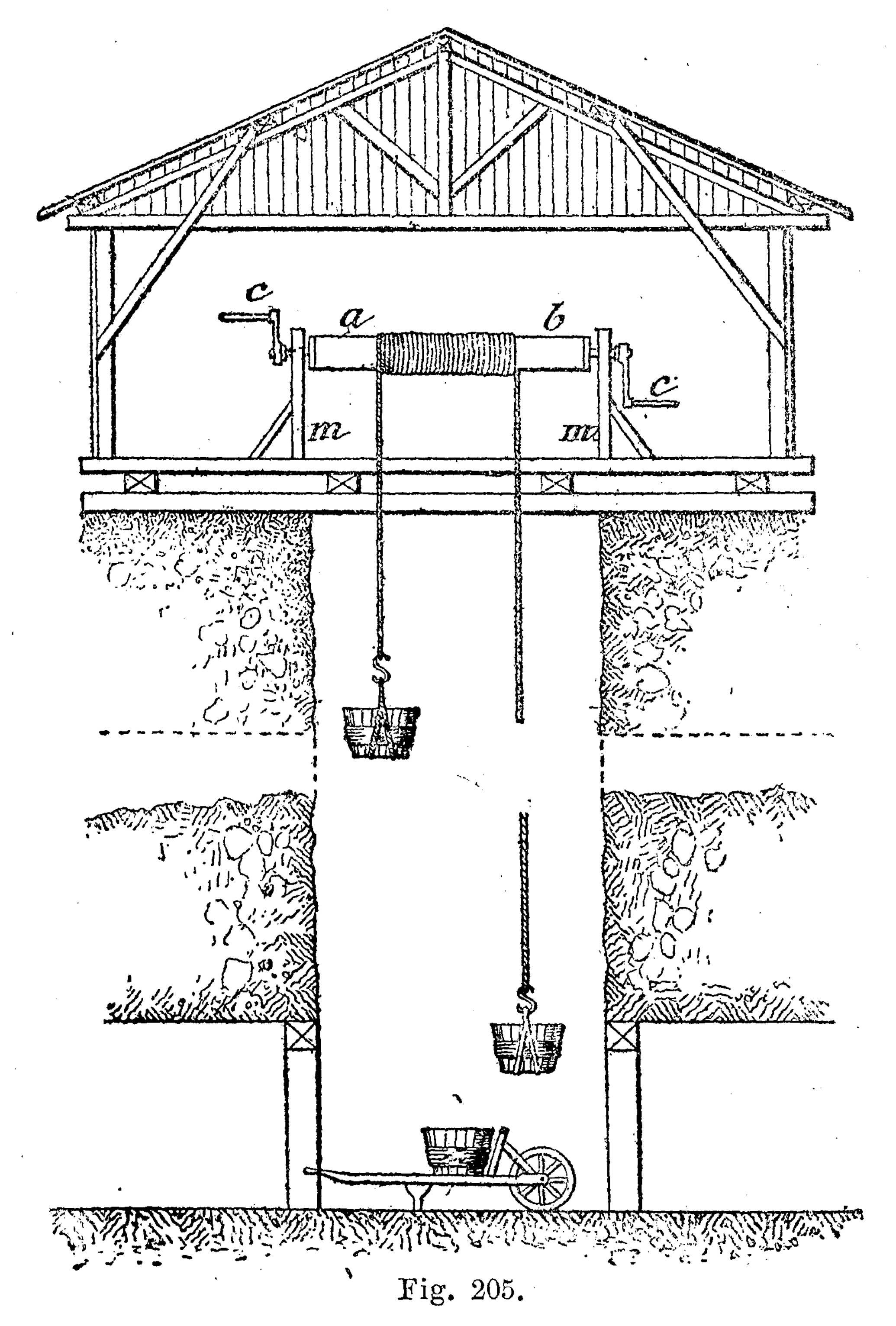
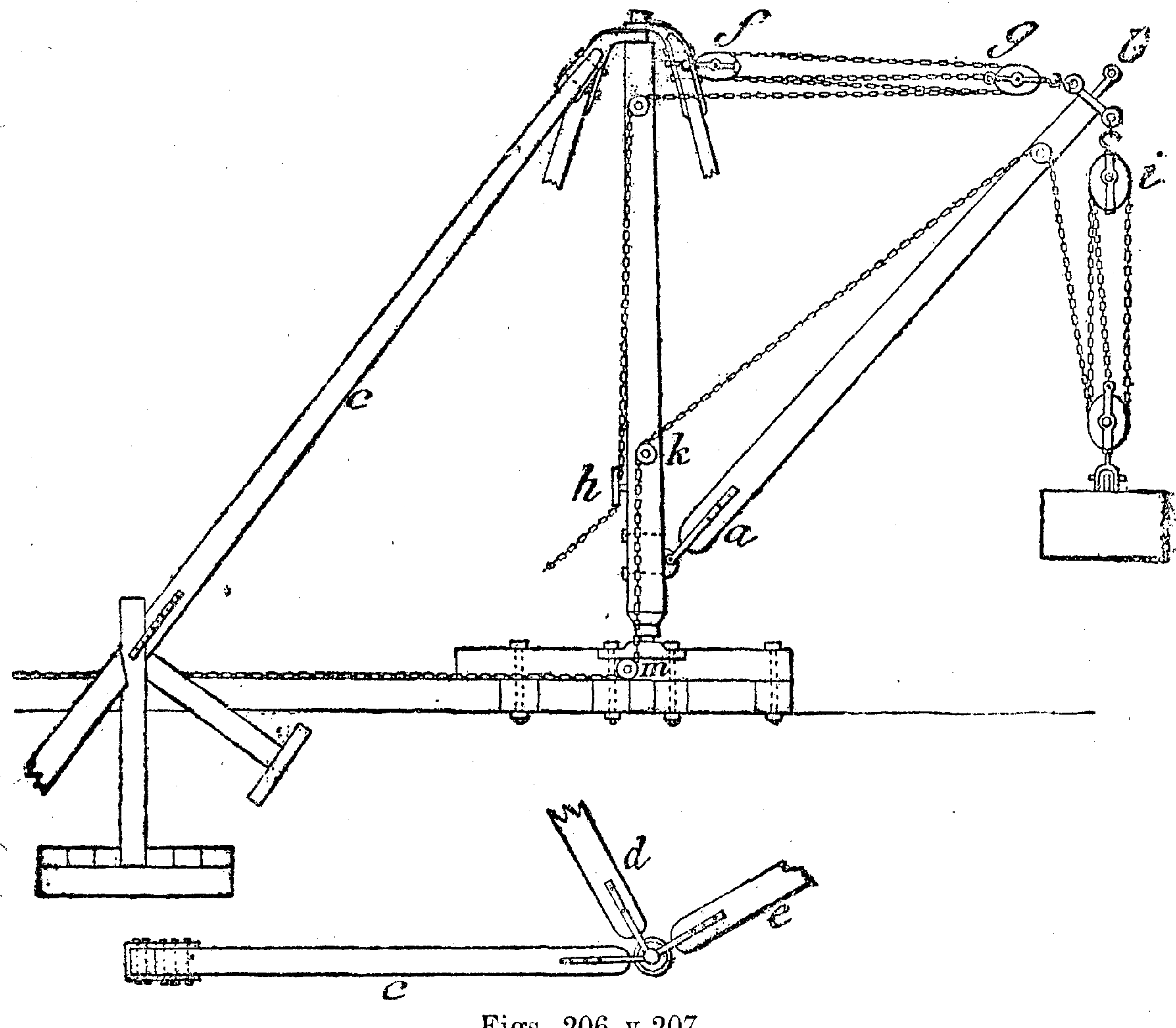


Fig. 205.

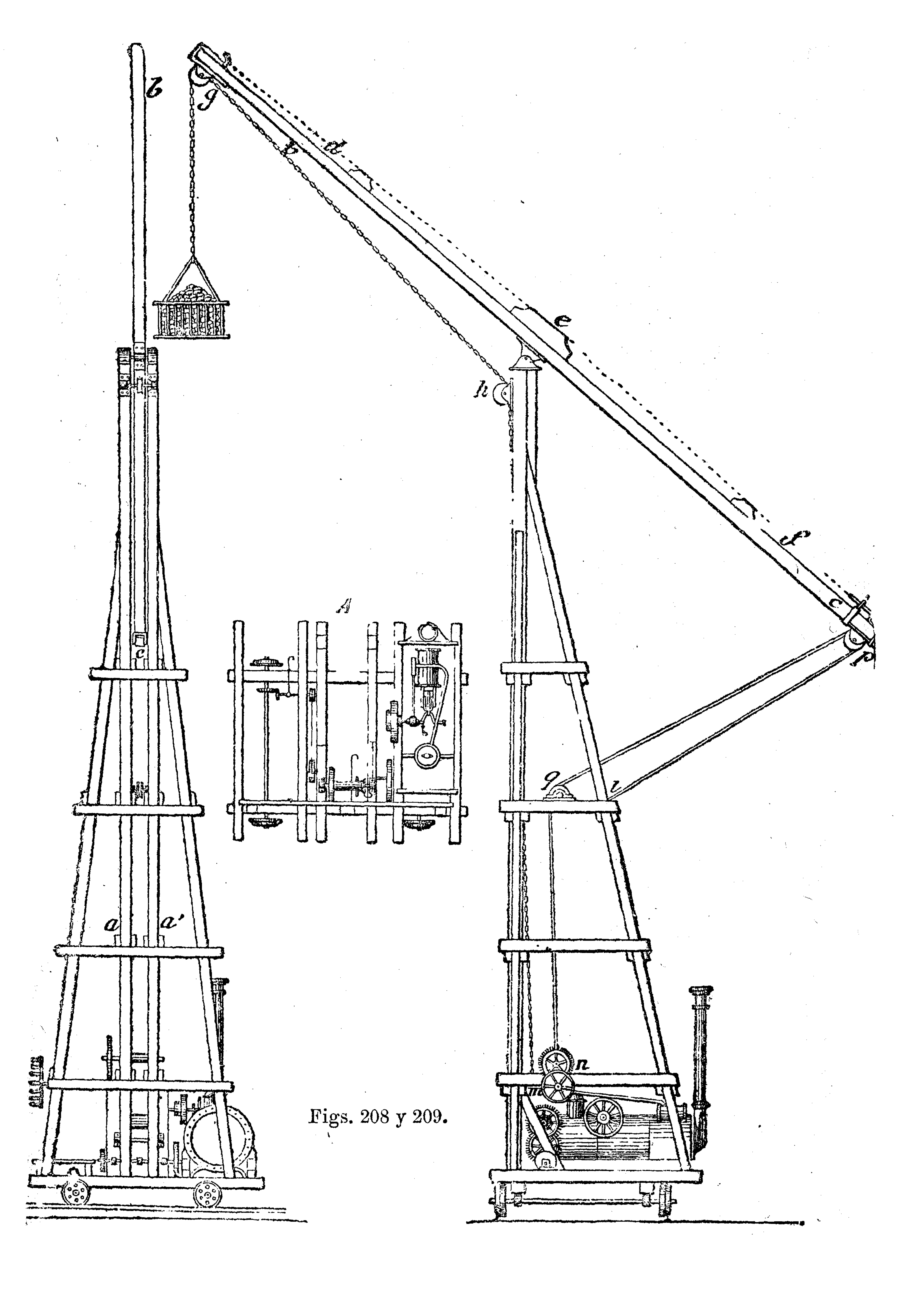
montantes de madera están sostenidos por dos fuertes tornapuntas, todo ensamblado y sujeto con herrajes al citado carretón.

En la parte superior de los montantes de madera está dispuesto un gran balancín, formado por dos piezas de madera reforzadas por un tirante de hierro. Este balancín puede girar al rededor de un eje horizontal colocado en la mitad de su longitud.



Figs. 206 y 207.

Una cadena fija en la extremidad inferior del balancín permite darle la inclinación que se quiera. La cadena de elevación pasa por una polea montada cerca del eje de rotación del balancín y por otra polea colocada en la extremidad superior del mismo. Esta cadena se mueve por un torno sobre el que actúa una máquina de vapor situada en la plataforma del aparato. Un solo hombre basta para la maniobra de las diversas partes del mismo.



Figs. 208 y 209.

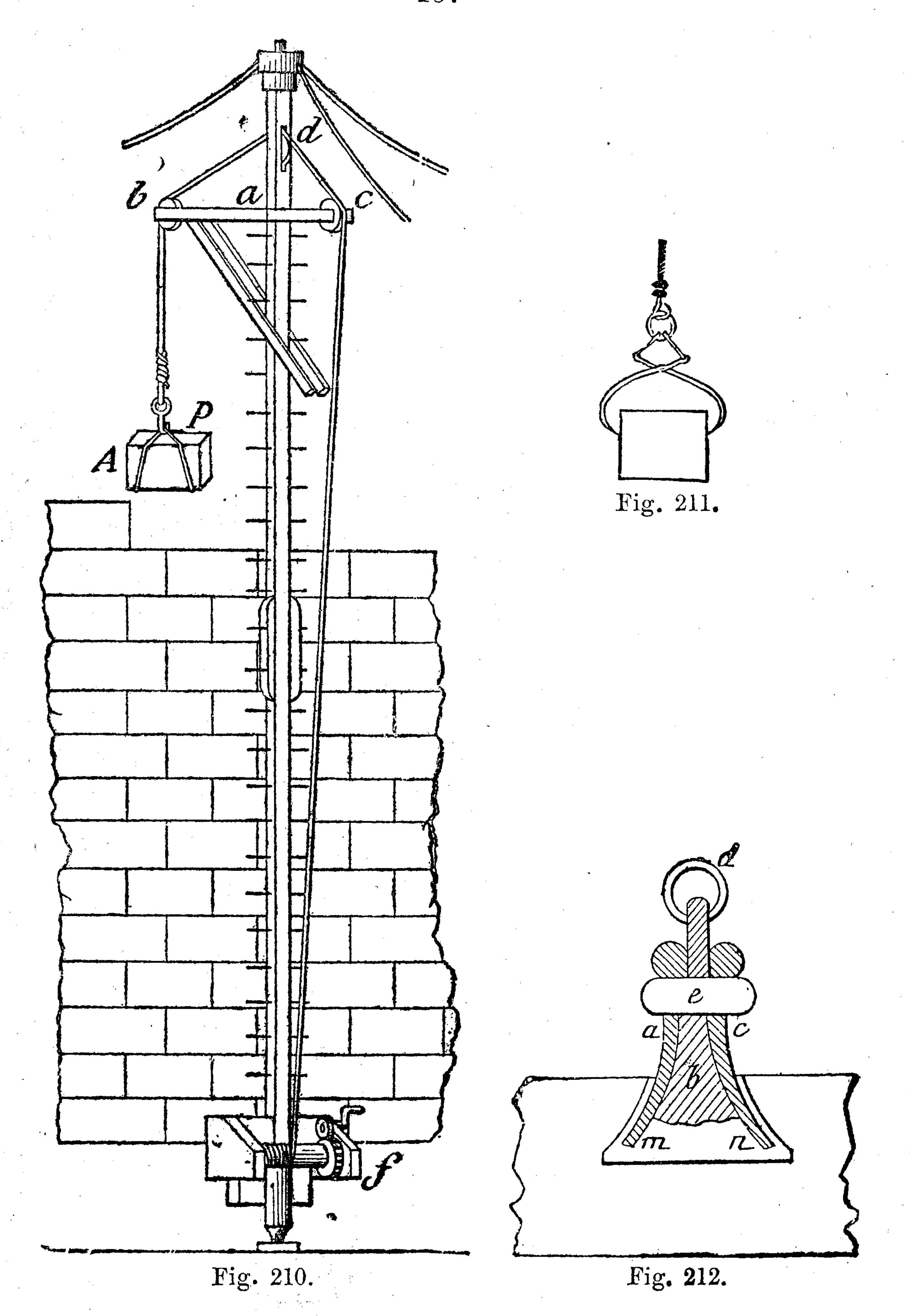


Fig. 210.

Fig. 211.

Fig. 212.

La potencia varía con la inclinación del balancín. La longitud de éste es de $6^m,50$. La vía para el movimiento del carretón inferior es de $1^m,70$. Este aparato ha sido empleado por primera vez en la construcción del edificio de Correos, en París.

Si se mide la inclinación por la distancia horizontal del punto más bajo del balancín á la vertical del eje de rotación, se encuentra que las cargas que puede soportar el aparato son de 3.400, 3.100, 2.700 y 2.200 kilogramos, para las distancias horizontales de $1^m,35$, 2 metros, $2^m,70$ y 3 metros.

Elevación ó montaje de sillares.—Para subir las piedras puede emplearse una *tenaza* (fig. 211) ó una *leva* ó cuña (figura 212).

La leva se compone de tres piezas *abc*, unidas por una brida *e*; la pieza *b* está formada en cola de milano por un extremo, y por el opuesto termina en una argolla, por donde ha de pasar la cuerda que ha de elevar el sillar.

Para subir una piedra se practica en su cara superior ó sobrelecho una caja cuyas paredes tengan una inclinación análoga á la de la pieza *b* de la leva ó cuña.

Se agarra ésta por la brida *e*, haciendo descender el anillo *d* hasta dicha brida; la pieza *b* desciende, y las dos piezas laterales *a* y *c* se ponen en contacto con ella. La separación de las extremidades *m* y *n* hace que se ajusten á los costados de la caja y permitan paso á la cuña en la cavidad de la piedra. Si hecho esto se eleva el anillo se produce un movimiento inverso, y tiene efecto la adherencia de las alas *a* y *c* contra las paredes de la mortaja, lo que impide caer la piedra.

No se puede emplear este sistema más que con piedras duras.

ÍNDICE

Tetuán de Chamartín.—Imp. de Bailly-Baillière é Hijos.